www.radio.ru

2•2026

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

23 февраля — День защитника Отечества

МОБИЛЬНЫЙ МИКШЕР

ISSN-0033-765X
26002
9 770033 765009

- *Светильники-ночники*
- *Лабораторный БП*
- *ИК-выключатель*
- *Паяльный фен*

...и ещё 6 конструкций

2
2026

ЖУРНАЛ

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140,
р/с 40703810538090108833 в ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770201001

Цена одного номера журнала 2026 г. (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции — 550 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 4080 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 7200 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 4200 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			в Россию	в остальные страны
2021	11, 12	150 руб.	250 руб.	800 руб.
2022	1—9, 11, 12	200 руб.	300 руб.	800 руб.
2023	4, 7—10	420 руб.	520 руб.	800 руб.
2024	1, 3, 5—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	1—12	520 руб.	640 руб.	1000 руб.
2026	1—6	550 руб.	680 руб.	1200 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. Наложенным платежом редакция журналы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032

Подписка на ПОЧТЕ РОССИИ

Подписка через КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ

Журнал "Радио" в интернет-магазине OZON

Dr.WEB®
Сделано в России

ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Dr.Web Security Space
защитит ваш цифровой МИР

Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга

Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО

Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях

Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения

Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств

Защита детей

Родительский контроль

- ✓ Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО
- ✓ Круглосуточная техническая поддержка
- ✓ Бонус для покупателей — защита для Android

Поддерживаемые ОС

ANDROID

Техподдержка компании «Доктор Веб»:

https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:

https://www.drweb.ru/user/social

Сайты компании «Доктор Веб»:

https://антивирус.рф

https://drweb.ru

© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный),
факс: +7 495 789-45-97

В НОМЕРЕ:

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. Что нового в 6G 4

РАДИОПРИЁМ 8

Х. ЛОХНИ. Приёмники "Океан"/Selena. Новые диапазонные планки. Часть 2. Диапазонные планки для ДВ и СВ 8

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 21

ЗВУКОТЕХНИКА 23

А. НОСОВЕЦ. Мобильный микшер 23

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 28

И. НЕЧАЕВ. Доработка ЗУ для Li-Ion аккумуляторов 28

А. ВИШНЕВСКИЙ. Регулируемый лабораторный БП 0...30 В, 0...2 А 29

Н. ЕГОШКИН. Источник высокого напряжения для газовых разрядов с измерением их параметров 39

С. БОГАТЕНКОВ. Фильтр-стабилизатор напряжения накала стержневых радиоламп 42

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ 43

Г. КОСОЛАПОВ. Паяльный фен — из бытового 43

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 46

А. ВАСИЛЬЕВ. Светильники-ночники с функцией вызова домашней помощи 46

А. ЯКОВЛЕВ. Устройство запуска микродвигателей с калильными свечами 47

А. ШИЛОВ. ИК-выключатель сетевой розетки 50

"РАДИО" — О СВЯЗИ 53

Дед Мороз из Великого Устюга открыл год активности радиолюбителей РТРС 53

И. ПАРАМОНОВ. Функция Play Back в трансивере в режиме передачи 54

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 55

И. НЕЧАЕВ. Литий-ионный аккумулятор 1,5 В и его совместная работа с зарядным устройством 55

М. МАКСИМОВ. Доработка электронного пугала 58

Д. МАМИЧЕВ. Песочные часы-пробирка на ESP32 и TFT 76×284 ST7789 60

Р. СЕРГЕЕНКО. Ответы на викторину "Платы расширения MikroElektronika" 62

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 38).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 22, 2-я с. обложки).

На нашей обложке. Мобильный микшер (см. статью на с. 23).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

СТАБИЛИЗАТОР ДЛЯ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ
МОДЕРНИЗАЦИЯ ГОЛОВНЫХ ТЕЛЕФОНОВ
СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТЫ 1 Гц...1 ГГц
МАЛОМОЩНЫЙ ИБП

Тираж журнала «Радио» № 1 сдан для рассылки подписчикам 14.01.2026 г.

2231
десятилетие
науки и технологий
7–10 апреля 2026
СВЯЗЬ
38-я международная
выставка «Информационные
и коммуникационные технологии»
SVIAZ
Экспозиция «Навитех» —
«Навигационные системы, технологии и услуги»
NAVITECH
Россия, Москва,
ВК «Тимирязев Центр»
UFI
Approved Event
Expo Rating
www.sviaz-expo.ru
12+
Реклама
Организатор
ЭКСПОЦЕНТР
Под патронатом
ТПП РФ
В рамках
Российская неделя
высоких технологий
РНВТ

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

2•2026

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ
Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ГЛИБИНА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-87-39
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 24.01.2026 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.
Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2026. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 01027-26 .

Dr.WEB

Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINeT

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

Что нового в 6G

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Общие принципы только в головах, а в жизни одни только частные случаи".

Фёдор Достоевский

Ожидаемый к принятию в 2028—2030 гг. стандарт шестого поколения мобильной связи (6G) — это, с одной стороны, набор технологий, а, с другой, до недавнего времени, скорее, теоретический и экспериментальный набор желаний, которые хотелось бы удовлетворить с их помощью. В разных странах продолжаются исследования, а кое-где уже запустили в экспериментальных целях сети 6G, работающие пока на частном, проприетарном, стандарте. Будущим операторам подобных сетей хочется уже сейчас понимать не только чисто техническую сторону развития сетей 6G.

На прошедшем недавно форуме "Спектр'2025", как передавал РБК, Евгений Девяткин, директор Центра исследований перспективных беспроводных технологий связи НИЦ Телеком (бывший НИИ Радио, один из ведущих российских центров в области разработки радиотехники) заявил о необходимости начать в России подготовку к внедрению 6G, чтобы не повторился негативный опыт стандарта 5G, когда самый востребованный диапазон радиочастот 3,4...3,8 ГГц оказался недоступен для коммерческих операторов, а предлагаемый в РФ диапазон 4,4...4,8 ГГц не вызвал у них интереса. Под подготовкой имелось в виду проведение исследования, поскольку в дорожную карту по развитию 6G должны войти вопросы по аудиту и проведению мероприятий по определению условий радиочастотной совместимости.

Евгений Девяткин также отметил, что на Всемирной конференции радиосвязи (ВКР) в 2027 г. планируют утвердить под 6G диапазоны частот 4,4...4,8 ГГц, 7,125...7,25 ГГц, 7,25...8,4 ГГц и 14,8...15,35 ГГц. Согласно предварительной позиции Минцифры России, среди перечисленных диапазонов проблемным является диапазон 7,25...8,4 ГГц, который используется для систем правительственной связи. Кстати, в преддверии утверждения в мире стандарта 5G указанного выше подобного детального анализа в РФ не проводили. Предварительный анализ показывает, что диапазоны под 6G не такие проблемные, как диапазон 3,4...3,8 ГГц, который российские операторы безуспешно пытаются получить для развития 5G уже несколько лет.

Согласно данным ITU, по сравнению с сетями 5G скорость передачи данных для пользователей в сетях 6G будет в десять раз больше, чем в 5G, — до 1 Тбит/с, а задержка сигнала существенно меньше — 0,1 мс. Стандарт позволит одновременно работать в 100 раз большему числу устройств на 1 км^2, пользоваться мобильным Интернетом можно будет при движении со скоростью

до 1000 км/ч (например, в высокоскоростных поездах). Подобные сети позволят передавать голограммы, внедрять иммерсивную связь (передавать тактильные ощущения, запахи и др.). С переходом от Интернета вещей к Интернету чувств, ощущений появятся различные устройства, которые позволят ощущать виртуальный мир как часть физического, т. е. можно будет ощущать капли дождя, дуновение ветра и т. д. Но это пока фантазии, конечно.

А на практике, как написала в своем блоге компания МТС, в июле 2025 г. оператор China Mobile запустил первую в мире экспериментальную сеть 6G. Тестовая инфраструктура обеспечила скорость передачи данных до 280 Гбит/с. В целом этого достаточно, чтобы скачать файлы объёмом 50 Гб за 1,4 с. Инвестиции China Mobile в исследования и разработки в области 6G превысили 5,4 млрд. долл.

Сети 6G — не просто улучшенная версия 5G, а совершенно новая инфраструктура, объединяющая наземные станции и спутники для обеспечения глобального покрытия и минимальных задержек. China Mobile запустила тестовую сеть из десяти станций и вывела на низкую околоземную орбиту (примерно 500 км) спутник, официально позиционируемый как часть эксперимента 6G. Проект, разработанный совместно с Китайской академией наук, направлен на создание единой инфраструктуры, где орбитальные и наземные элементы работают как одно целое. Насколько можно судить, у них всё получилось.

Скорость 280 Гбит/с, достигнутая в эксперименте, — итог продвинутых решений в области модуляции, частот и энергосбережения. Для передачи солидных объёмов данных 6G использует высокоуровневую модуляцию, такую как 1024-QAM, которая кодирует больше информации в одном сигнале. Чтобы справляться с помехами, применяется адаптивное кодирование, переключающееся на более устойчивые форматы, если сигнал ослабевает. Это балансирует между скоростью и надёжностью.

Ещё одна перспективная технология, применяемая в 6G, — Orbital Angular Momentum (OAM). Она позволяет передавать несколько потоков данных одновременно на одной и той же частоте, используя разную поляризацию электромагнитных волн. Поляризация электромагнитной волны — это колебание векторов напряжённости электрического поля и напряжённости магнитного поля. Поляризация может быть плоской, круговой и эллиптической. Она независима от других характеристик электромагнитной волны, что позволяет организовать множественный доступ с поляризационным разделением (Polarization Division Multiple Access, PDMA или PolDMA), где сигналы каждого пользователя имеют различные поляризационные состояния и используют один и тот же частотно-временной ресурс.

Схема множественного доступа с поляризационным разделением поддерживает два независимых канала данных с ортогональными состояниями поляризации. Такими ортогональными состояниями являются вертикальная и горизонтальная поляризация (в случае плоскополяризованной волны), а также левая и правая поляризация (в случае круговой поляризации). Также возможна организация неортогонального множественного доступа, если число мультиплексируемых поляризационных состояний больше двух.

Чаще всего поляризационное разделение применяется совместно с пространственным разделением, образуя множественный доступ с пространственно-поляризационным разделением (Space Polarization Division Multiple Access, SPDMA). В этой системе создаются ортогональные лучи как в физическом пространстве, так и в поляризационном пространстве. Каждый луч формируется в направлении определённого пользователя и передаёт данные, предназначенные этому пользователю. Ортогональные лучи формируются на основе канальной информации о пользователях.

Метод множественного доступа с поляризационным разделением получил широкое распространение в спутниковых и радиорелейных линиях связи прямой видимости, поскольку при распространении радиоволн вне условий прямой видимости наблюдается явление деполяризации электромагнитной волны (за счёт переотражений, дифракции, рефракции и др.).

Возвращаясь к 6G, всё сказанное выше можно представить как многоуровневую развязку, где по одной и той же трассе движутся потоки транспорта, но каждый — на своей высоте (см. фильм "Пятый элемент"). Дорога одна, но машины не сталкиваются, потому что движутся по разным уровням. В случае с OAM — это те же частоты, но с различными типами поляризации сигнала. Приёмник способен отличить эти уровни и выделить нужный поток данных, не мешая другим. Компании Samsung и Nokia тоже ведут исследования в этой области, но China Mobile уже продемонстрировала технологию OAM в работе.

В общем случае технологии 6G выходят за пределы миллиметровых волн 5G, осваивая терагерцовый диапазон (0,1...10 ТГц). Эти частоты обеспечивают огромную пропускную способность, но и очень большое затухание. Поэтому применяются массивы MIMO (Multiple Input, Multiple Output) с сотнями антенн, которые фокусируют сигнал в узкие лучи, увеличивая дальность и стабильность.

Передача данных на высоких частотах весьма энергоёмкое занятие. Особенно в условиях плотной городской застройки или на удалённых участках. Фактически, любая стена — слишком серьёзная преграда. Чтобы улучшить сетевое покрытие, в 6G применяются, в частности, графеновые антенны с высокой электропроводностью, которые работают эффективнее традиционных, снижая энергопотребление. К тому же в сети уже используется ИИ, например, в решениях Huawei система анализирует загрузку и временно отключает антенны, которые не нужны в данный момент. Это помогает экономить ресурсы, что особенно важно для базовых станций и спутников, работающих вдали от централизованного питания.

В 6G используется принцип объединения связи и зондирования (ISAC — Integrated Sensing and Communication), сеть не только передаёт данные, но и "чувствует" окружающую среду, к примеру, может определять движение объектов или расстояние до них. Эта технология интегрирует функции измерения окружающей среды и телекоммуникаций в единой системе, что позволяет сетям одновременно передавать и получать данные, а также воспринимать и интерпретировать физическую окружающую среду. ISAC повышает эффективность сетей, так как линии связи и датчики работают в одном спектре, а для передачи и приёма сигналов применяется одно оборудование. Терагерцовые волны также позволяют сети "видеть" окружающее пространство, определяя положение объектов, что идеально для автономного транспорта.

Функции измерения и связи в системе ISAC могут быть реализованы на разных уровнях. На уровне "железа" датчики и связь могут сосуществовать на одном оборудовании, используя общий спектр. На уровне обработки сигналов технологии обработки во временном, частотном и пространственном доменах могут быть объединены для выполнения функций измерения и связи. На уровне полностью интегрированной системы происходит обмен информа-

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.

Февраль 2026 год

цией между слоями, модулями и узлами, что повышает взаимную производительность измерения и связи.

Информация, полученная через измерение, может использоваться для улучшения производительности связи, например, для более точного формирования или быстрого восстановления луча для канала связи с конкретной абонентской станцией.

Технология ISAC применяется в различных сферах, например, при мониторинге окружающей среды ISAC позволяет собирать данные об объектах, их движении и пространственных характеристиках с помощью тех же сигналов, которые используются для связи. Например, мониторинг осадков и наводнений для подготовки к катастрофам, "умное" сельское хозяйство для управления культурами. На транспорте и навигации ISAC помогает улучшать безопасность и эффективность подвижных объектов, к примеру, предотвращать столкновения и отслеживать траекторию беспилотных летательных аппаратов, автомобилей и автономных наземных транспортных средств. В промышленной автоматизации ISAC интегрирует функции измерения, что позволяет различному оборудованию и роботам на "умных" заводах ориентироваться, координировать и картографировать окружающую среду. В области безопасности ISAC может использоваться для обнаружения беспилотных летательных аппаратов, мониторинга движений толпы для предотвращения чрезвычайных ситуаций в зонах высокой плотности населения.

В отличие от 5G, где базовые станции работают по отдельности, в 6G они объединяются буквально в одно целое и совместно реагируют на присутствие абонентов, текущую и прогнозируемую нагрузку. Вычисления частично выполняются прямо на устройствах (на месте, а на периферии — граничные вычисления), а не в центре. Искусственный интеллект (ИИ) помогает сети управлять нагрузкой, заранее выделяет больше ресурсов там, где ожидается высокий трафик, и гибко настраивает параметры связи под текущие условия.

В дополнение ещё одна технология в 6G — так называемая голографическая радиосвязь. По сути это антенны, которые создают гибкие виртуальные антенные решётки и могут перенаправлять сигнал в обход препятствий, например, если путь к устройству перекрыт зданием (типичный случай в городе). Кроме того, 6G использует когнитивные сети, которые работают с помощью машинного обучения и могут заранее предсказывать, где будет высокая нагрузка. Система автоматически усиливает сигнал в нужных зонах, например, на стадионе во время матча или в районе, где в воздухе одновременно работают десятки дронов.

Ещё China Mobile интегрировала в свою сеть технологию Full-Duplex Radio, которая позволяет принимать и передавать данные на одной частоте, удваивая эффективность использования радиоспектра. Это особенно полезно в перегруженных городских сетях. Компания LG ранее показывала лабораторный прототип этой технологии, но китайский оператор первым применил её в реальной сотовой инфраструктуре.

Собственно, когда радиоприёмник одновременно передаёт и принимает сигнал, входящие сигналы заглушаются собственным передатчиком. Несколько лет назад американские исследователи из Стенфордского университета (Чон Иль Чой, Майанк Джайн и Каннан Шринивасан) создали радиостанцию с двумя передающими антеннами, расположенными по обе стороны от одной приёмной антенны. Когда сигналы от двух передающих антенн поступают на приёмную антенну, они эффективно гасят друг друга — однако не полностью, но достаточно, чтобы приёмная антенна могла улавливать сигналы от других радиостанций. Подобно тому, как шумоподавляющие головные телефоны отфильтровывают окружающий шум, каждый приёмопередатчик точно "знает", что передаёт и, следовательно, что ему следует отфильтровывать. Самое очевидное преимущество этой технологии заключается в том, что она мгновенно удваивает объём передаваемой информации, но у неё есть и другие преимущества. При использовании современных систем управления воздушным движением, если два самолёта попытаются одновременно связаться с диспетчерской вышкой на одной и той же частоте, ни один из них не сможет этого сделать. А новая система предотвратит такие потенциально опасные сценарии.

Сети 6G обещают изменить не только скорость Интернета, но и целые отрасли. Представьте автономный автомобиль, который мгновенно обменивается данными с другими машинами и дорожной инфраструктурой. Благодаря задержкам менее 1 мс и технологии ISAC 6G позволяет транспорту "чувствовать" окружение, определяя расстояние до объектов и их скорость.

6G открывает новые возможности и для промышленности. На складах и производственных линиях тысячи датчиков и роботов могут работать синхронно, передавая данные почти без задержек. China Mobile уже тестирует такие сценарии с управлением складскими роботами, а Nokia и Qualcomm разрабатывают сверхнадёжные сети (URLLC), которые обеспечивают доставку данных с вероятностью 99,9999 %. Это позволяет точно синхронизировать оборудование и исключать сбои даже в самых чувствительных участках производства.

Ещё одно направление — иммерсивные технологии. Сети 6G сделают реальностью виртуальные офисы, где коллеги появляются в виде голограмм, или удалённые операции, где хирург чувствует ткань пациента через тактильную обратную связь. Samsung и LG уже показывают прототипы голографических дисплеев, а 6G обеспечивает скорости и задержки, необходимые для таких сценариев. Это может изменить образование, создавая виртуальные классы с эффектом присутствия, или развлечения, где зритель становится частью сцены.

Безопасность тоже выходит на новый уровень. Квантовое распределение ключей обнаруживает любое вмешательство в передачу данных, а гомоморфное шифрование позволяет обрабатывать закодированную информацию без расшифровки. Это защитит медицинские или финансовые данные в облачных системах.

Переход от 5G к 6G ознаменует собой смену парадигмы — от Интернета вещей к Интернету всего на свете. 6G позволит создавать:

— интегрированные сенсорные и коммуникационные сети, способные воспринимать окружающую среду;

— распределённый ИИ по всей сетевой архитектуре;

— встроенная поддержка цифровых двойников физических систем.

И в целом получится по-настоящему захватывающая расширенная реальность без ограничений, налагаемых современным оборудованием.

Рассматриваемые возможности в корне изменят то, как мы взаимодействуем с технологиями, перейдя от экранов к полностью захватывающим средам, где цифровой и физический миры становятся всё более неразличимыми.

Согласно компании Huawei, 6G объединит сенсорику и связь в единую систему, использующую радиоволны для видения физического мира и создания

цифровых двойников в киберпространстве. Сетевая сенсорика создаёт новый тип сценариев использования, выходящий за рамки связи. Она охватывает целый ряд вариантов использования, таких как локализация объектов с помощью устройств или даже без них, получение изображений, реконструкция и мониторинг окружающей среды, а также распознавание жестов и действий. Сценарии использования датчиков добавляют новые параметры производительности в Международную организацию по стандартизации мобильной связи (IMT), такие как вероятность обнаружения, а также разрешение и точность датчиков (с точки зрения дальности, скорости и углов). Требования к этим параметрам зависят от конкретного приложения. Для приложений, связанных с локализацией и реконструкцией, в будущем потребуются высокая точность и разрешение датчиков, а для приложений, связанных с визуализацией, ключевым фактором будет сверхвысокое разрешение. А для распознавания жестов и действий главным приоритетом станет вероятность обнаружения.

6G будет обладать собственным ИИ. В его воздушном интерфейсе и сетевых структурах будет использоваться сквозной ИИ и машинное обучение для реализации индивидуальной оптимизации и автоматизированного обслуживания и ремонта. Кроме того, каждый элемент сети 6G будет изначально интегрировать коммуникационные, вычислительные и сенсорные возможности, что будет способствовать переходу от централизованного интеллекта в облаке к повсеместному интеллекту на периферии. Архитектура распределённого машинного обучения, основанная на периферийном интеллекте, будет играть ключевую роль в удовлетворении масштабных интеллектуальных потребностей будущего общества и производства.

По оценкам специалистов, в ближайшем будущем 6G станет не просто каналом связи, а инструментом для сбора и анализа информации из окружающей среды. Это откроет новые возможности для дистанционного взаимодействия, промышленной автоматизации и цифровых сервисов. Но до коммерческого запуска остаётся много нерешённых вопросов. Для работы на терагерцовых частотах нужны новые антенны и материалы, а само развёртывание потребует большой инфраструктуры и международных соглашений по стандартам. Остаётся риск, что 6G будет доступна только развитым регионам. Китай тестирует технологии и делает ставку на спутниковое покрытие, но глобальное внедрение потребует времени и согласованных усилий.

Согласно прогнозам международной консалтинговой компании Cap Gemini, сети 6G обеспечат массовое использование иммерсивных, доступных и сенсорных цифровых технологий. Приложения с 6G смогут воспринимать окружающую среду и превращать сеть, по словам инженеров, в шестое чувство. Это ускорит разработку новых медиа, например иммерсивной смешанной реальности, голографической и мультисенсорной коммуникации.

Запуск технологии 6G повлияет и на безопасность в сети. Чем больше устройств, тем больше возможностей для ИТ-атак у киберпреступников. Появление миров смешанной реальности (AR) также откроет новые возможности для мошенников. В компании Nokia Bell Labs считают, что 6G обладает потенциалом для защиты от этих угроз, указывая на такие новые технологии, как квантовое распределение ключей и гомоморфное шифрование.

Если первые сети 6G будут успешно запущены в 2030 г., это произойдёт примерно спустя полвека после появления первой технологии сотовой связи. Сеть 1G была запущена в Японии в 1979 г. Это был первый в мире опыт мобильной связи — настоящая революция. В начале 1980 г. сотовые сети появились и в других странах. В 1991 г. в Финляндии ввели в коммерческую эксплуатацию более продвинутый стандарт 2G на базе GSM, а вскоре после — так называемый 2.5G (GPRS, EDGE), который позволил передавать небольшие объёмы данных по сети.

Гонка за 6G является глобальной, с активными участниками в Азии, Европе и Северной Америке. Ключевые игроки инвестируют значительные средства в исследования и разработку, чтобы получить преимущество в будущих стандартах и технологиях.

К примеру, компания Samsung является одним из лидеров благодаря своей вертикально интегрированной структуре, охватывающей производство полупроводников, сетевого оборудования и потребительских устройств. Ещё в 2019 г. разработчики компании создали Исследовательский центр передовых коммуникаций (ACRC) для работы над 6G. В Samsung активно сотрудничают с Nokia, NTT Docomo и Qualcomm и являются лидером по числу патентов в этой сфере.

Несмотря на ограничения на западных рынках, компания Huawei остаётся ключевым игроком. Она начала инвестировать в исследования 6G ещё в 2017 г. Инженеры Huawei рассматривают 6G как распределённую нейронную сеть, что объединит физический, кибернетический и биологический миры.

Один из лидеров в сфере производства оборудования 5G, компания Ericsson также активно работает над созданием 6G. Компания-разработчик участвует в крупных исследовательских проектах, таких как Hexa-X-II, и сосредотачивает технологию на четырёх ключевых направлениях: безграничное подключение, надёжные системы, когнитивные сети и вычислительная сетевая структура. Флагманский проект 6G Hexa-X-II прокладывает путь к сквозному проектированию (E2E — End-to-End) систем (на основе интегрированных и взаимодействующих технологических средств) и платформе, предоставляющей новые услуги для беспроводных сетей следующего поколения. Проект будет развиваться в рамках европейского проекта Horizon Europe Hexa-X, который заложил основу для глобальной коммуникационной сети 2030-х годов.

Завершая этот небольшой обзор по развитию технологий 6G, стоит отметить, что до появления официального стандарта это пока лишь набор технологий, которые учатся работать как одно целое.

И ещё, проектируя будущие сети 6G, следует помнить, что "дьявол", как и всегда в мобильной связи, кроется в опорной сети (RAN — Radio Access Network), соединяющей все базовые станции сетью фиксированной связи. В случае, если всё приведённое выше заработает и начнёт генерировать трафик, даже опорная сеть 5G для использования в 6G может оказаться несостоятельной. За всю историю мобильной связи модернизация RAN проводилась регулярно при переходе с поколения на поколение. Сегодня сложно представить, что когда-то в 2G базовые станции соединялись выделенными каналами со скоростями 2 Мбит/с, тогда как будущие сети 6G уже сейчас "грозят" умным городам многими терагерцами.

Что касается практики, то остаётся подождать, когда на Всемирном мобильном конгрессе MWC'2026 компании расскажут о своих успехах в эксплуатации опытной сети 6G.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приёмники "Океан"/Selena. Новые диапазонные планки

Часть 2

Диапазонные планки для ДВ и СВ

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

В этой части статьи предлагается оснащение модернизированного приёмника "Океан"/Selena новыми диапазонными планками (ДП) для приёма на ДВ и СВ. Новые ДП обеспечивают радиоприём высшего качества с встроенными антеннами из-за улучшенной селективности и эффективности. Обеспечена также качественная работа на ДВ и СВ с внешней активной антенной или большой проволочной антенной. Параметры LC-контуров подобраны для комфортного масштаба шкалы.

8. Введение

Радиовещание на ДВ и СВ могло бы и в наше время внести большой вклад в надёжное радиопокрытие просторов России и больших прилегающих территорий с русскоязычной аудиторией. После основательного сворачивания АМ-радиовещания РФ лишилась голоса, тем более, если учесть постепенное ограничение свободы распространения контента в Интернете в некоторых странах. К сожалению, остаётся надеяться на решение этой задачи в будущем иными системами в других частотных диапазонах. Ожидаемо, что за пределами РФ у потенциальных абонентов российского спутникового Интернета могут возникать сложности при приобретении нужного оборудования, из-за чего теряется глобальный характер этого ресурса. Недавние испытания российских СВ- и КВ-передатчиков показали, что сигналы проходят далеко за пределы страны с приемлемым качеством для длительного и регулярного радиослушания, был бы в эфире сигнал.

Для радиослушателей на территории РФ радиоприём на ДВ и СВ в основном является дальним приёмом, так как считанные собственные радиостанции размещены не в центре страны. Поэтому предложенная модернизация приёмников направлена на решение задач дальнего радиоприёма на ДВ и СВ и предусмотрено использование активной или большой проволочной антенны. Заводской вариант антенного узла до входа УВЧ мало пригоден для решения этой задачи, да и многие современные приёмники без доработки не особо хорошо справятся с такой задачей. Основная проблема у большинства приёмников — недостаточный динамический диапазон (ДД). Звучит это вроде странно, ведь сигнальная динамика радиовещательных сигналов на ДВ и СВ не такая большая, как на КВ, тем более, когда вблизи нет мощной радиостанции. Однако проблема кроется в характере современных радиопомех, так как они в основном импульсные. Такие помехи широкополосны, и если их спектральная плотность энергии в полосе пропускания 9...10 кГц отдельно взятого АМ-сигнала оказывается приемлемой или даже низкой, то пиковое значение мощности во всём спектре достаточно большое. Наши бытовые ДВ-СВ-приёмники сделаны с большим влиянием коммерческой оптимизации, и входной селективный узел до первого транзистора в них обеспечивает только минимальные требования. Поэтому импульсы могут проходить со значительным уровнем, с которым бюджетный УВЧ по схеме с ОЭ просто не рассчитан быть линейным. Ещё хуже обстоит дело в приёмниках с широкополосной магнитной антенной, которая имеет по всему диапазону штатную чувствительность и пропускает импульсы без особого искажения их формы.

Эту проблему можно устранить двумя способами. Можно оставить простой входной узел с умеренной или слабой селективностью и применить более линейный УВЧ. Такие усилители отличаются большим током потребления, а к ним нужен соответствующий смеситель, ещё добавить драйвер для гетеродинного сигнала, не забыть умощнить блок питания и применить более ёмкие аккумуляторы. Для выездного приёмника это не самый хороший вариант.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Альтернативное решение предполагает существенное улучшение селективности входного антенного узла с узкой полосой пропускания, не влияющей на спектр полезного радиовещательного сигнала, при этом приёмник останется с низким энергопотреблением и несложным радиотрактом. При таком решении через входной узел проходит малая часть спектра широкополосной помехи, и на входе УВЧ не образуются импульсы с предельным уровнем. Также помехи от атмосферных разрядов в летний вечер намного слабее мешают комфортному радиоприёму.

9. Общий принцип работы новых ДП для ДВ и СВ

На **рис. 14** показана упрощённая схема ВЧ-части радиотракта с применением новых ДП для ДВ и СВ.

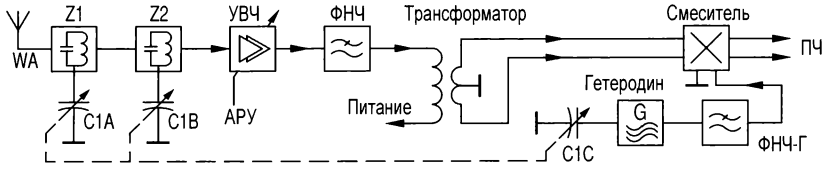


Рис. 14

На входе установлен двухконтурный перестраиваемый LC-фильтр (Z1, Z2). Первый контур в нём антенный, это может быть как сама МА, так и LC-контур, подключённый к ТА. На входе УВЧ имеется оптимальное по шуму согласование. Усилитель имеет довольно высокое усиление и малый собственный шум для получения высокой чувствительности от встроенных антенн. После УВЧ следует ФНЧ, который улучшает подавление зеркального канала приёма и полностью устраняет паразитный КВ-приём. Выходной трансформатор в составе ДП согласует УВЧ со смесителем и обеспечивает симметричное подключение к смесителю. К тому же у смесителя может быть ещё свой входной трансформатор. Гетеродин собран по старой проверенной схеме, однако для устранения известных проблем на ДВ и СВ добавлен гетеродинный ФНЧ (ФНЧ-Г) для улучшения согласования и подавления гармоник.

10. Двухконтурная МА и ТА

Владельцы хорошо восстановленного винтажного лампового ДВ-СВ-приёмника, наверно, давно заметили, что АМ-сигналы на ДВ и на нижних СВ-частотах звучат скудно без богатого высокого тембра или бубнят без присутствия бас-спектра и без высоких частот, а сигналы на высоких СВ-частотах "дышат" лёгким тембром и звучат "сочно". Это не связано со спецификой радиоэфира или с передатчиками, а на удивление, с очень старательно изготовленной и налаженной МА. Разработчикам в середине прошлого века для достижения паспортной чувствительности и обеспечения подавления зеркального канала приёма пришлось использовать LC-контур в МА с очень высокой добротностью, поскольку до смесителя, кроме МА, обычно не было другого средства избирательности. Дополнительно, и как назло, при перестройке с помощью КПЕ получается максимум добротности нагруженного параллельного контура при большой ёмкости и на низких частотах. Добротность МА Q = 150 обеспечит полосу пропускания 3,5...5 кГц на низкочастотном участке СВ-диапазона, но при использовании литцендрата можно получить добротность до 250...300 на частотах 0,5...0,8 МГц с магнитопроводом из феррита М400НН. На диапазоне ДВ с добротностью всего Q = 30 спектр АМ-сигнала заметно обрезан, а с лучшими намерениями легко сделать добротность более 100. В современных

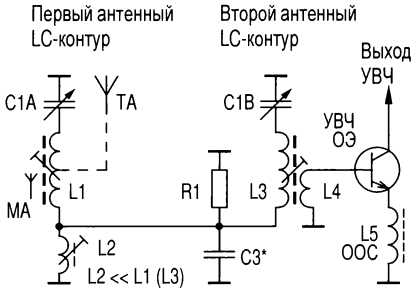


Рис. 15

переносных приёмниках с высокой первой ПЧ обычно используется широкополосная МА, поэтому спектр АМ-сигнала не искажается. При низкой ПЧ = 465 кГц широкополосная МА вызывала бы богатый букет побочных каналов приёма.

По итогам всего вышеперечисленного целесообразно было бы иметь одновременно как хорошую глобальную избирательность, так и достаточную широкополосность в пределах спектра одного принимаемого АМ-сигнала. Эти противоречивые требования выполняются при применении двухконтурной конфигурации МА (или ТА), показанной на **рис. 15**.

Предложенный двухконтурный фильтр объединяет все преимущества разных концепций. Остаётся высокодобротная и селективная МА (ТА) в виде LC-контура L1C1A, а широкополосность для полноценного приёма одного АМ-сигнала обеспечивается вторым LC-контуром L3C1B. Эти контуры связаны с помощью катушки индуктивности L2, и этим задаётся оптимальная полоса пропускания, чтобы спектр полезного АМ-сигнала полностью прошёл, а от широкополосных помех — только малая часть их спектра. Оба контура перестраиваются, для этого используются две секции трёхсекционного КПЕ. Подобное решение найдётся в приёмнике "Ишим", и при внимательном анализе его схемы можно заметить сложную связь этих контуров с помощью индуктивности. Эта индуктивная связь является ключевым моментом. Так как контуры перестраиваются КПЕ, ёмкостная связь между горячими концами контуров сильно бы изменялась при изменении ёмкости КПЕ, так как такая связь определяется соотношением ёмкости конденсаторов. При связи контуров с помощью катушки индуктивности эта связь остаётся практически постоянной во всём диапазоне, и форма АЧХ практически не меняется, а меняется только полоса пропускания пропорционально частоте приёма, если удастся получить добротность постоянной на всех частотах. На **рис. 16** и **рис. 17** показаны смоделированные АЧХ такого антенного узла при приёме на частотах 1145 кГц и 1720 кГц (масштаб по горизонтали — 100 кГц/дел., масштаб по вертикали — 10 дБ/дел.).

При оптимальной индуктивной связи отмечается отличное прохождение спектра полезного АМ-сигнала на плоской вершине, а зеркальный канал уверенно подавлен на 50 дБ (до 70 дБ по расчёту), относительная (нормированная) форма АЧХ изменяется мало. С такой АЧХ легко наладить правильное сопряжение с гетеродином, отклонение на 1...2 кГц не мешает качественной передаче АМ-спектра сигнала.

Подбором числа витков обмотки связи L4 обеспечивается согласование УВЧ с обобщённым резонансным сопротивлением

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 16

Рис. 17

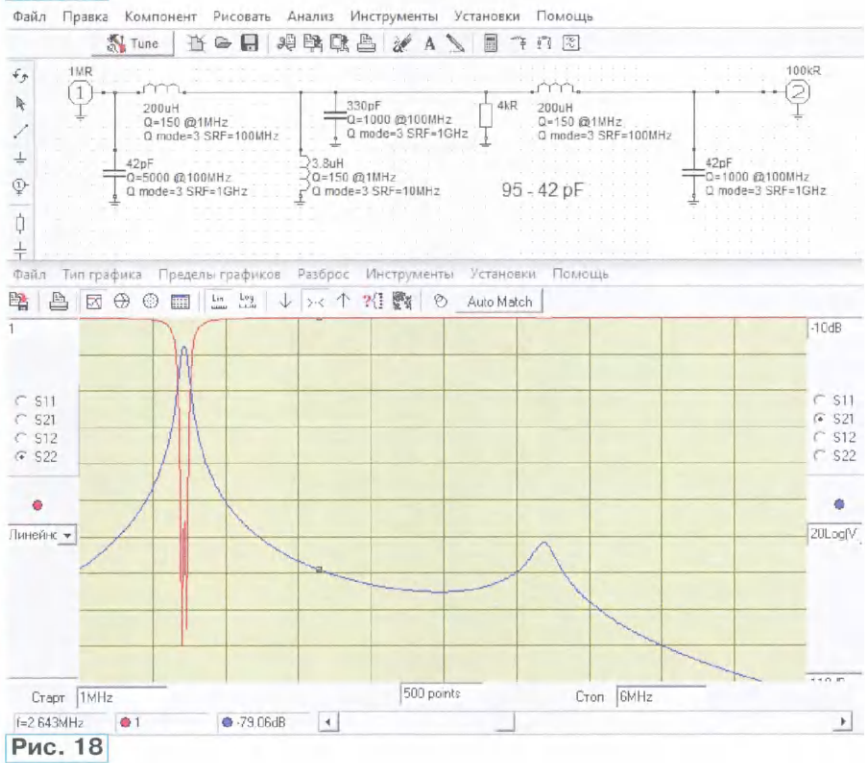


Рис. 18

двухконтурного фильтра. Условия расположения МА или ТА в открытом пространстве на это сопротивление почти не влияют, так как габаритные размеры этих антенн на порядки меньше, чем длина волны на ДВ и СВ. Это согласование является важным моментом для достижения высокой чувствительности. В одноконтурном фильтре это выполнено с большим компромиссом по разным обстоятельствам, а в двухконтурном можно более полно передать сигнальную энергию из антенной системы в УВЧ, без особого ущерба глобальной селективности.

Элемент связи двух LC-контуров — катушка L2. Она имеет низкий импеданс и не "ловит" местных помех от Е-полей в помещении, также не мешает приёму с МА. Соответственно, контурные катушки индуктивности L1 и L3 соединены холодными концами, поэтому обмотку связи L4 на каркасе нужно разместить ближе к холодной части, чтобы не испортить главный резонанс второго контура. Идеально бы разместить эту обмотку в отдельной секции каркаса со стороны горячего конца, это обеспечило бы максимальную дальнюю селективность. В каждом контуре отдельно работает контурная индуктивность L1+2L2 и L3+2L2, и с этими значениями нужно проводить расчёты по схождению контуров с гетеродином.

Нагрузкой двухконтурного фильтра является УВЧ на биполярном транзисторе по схеме с ОЭ с индуктивной ООС на катушке L5, от чего нагрузка с ростом частоты имеет нарастающий входной импеданс для достаточного постоянства добротности параллельных LC-контуров. Этой ООС дополнительно улучшается защита УВЧ от посторонних сигналов в целом, широкополосные импульсные помехи ещё меньше вредят своими пиками транзистору в УВЧ. На КВ усиление УВЧ резко уменьшено из-за влияния ООС, и приём на гармониках гетеродина подавлен, как и интермодуляция высокого порядка. Встроенная ТА с ростом частоты обеспечивает пропорциональный прирост чувствительности по полю, и катушка L5 это хорошо выравнивает. Отсутствие активного сопротивления в ООС оставит УВЧ малошумящим. Это схемное решение в приёмниках до 1984 г. обеспечило высокое качество УВЧ на транзисторе серии ГТ322 и зря было убрано после 1986 г. при серийном применении не самого удачного транзистора серии КТ3126.

К сожалению, в таком узле по пути от антенны ко входу УВЧ нет никакого надёжного безусловного подавления сигналов с очень

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

высокими внеполосовыми частотами с замыканием их на общий провод. Колебательные контуры в отдельности примерно до трёх- пятикратной частоты обеспечат требуемую селективность и сработают отлично. Но как только катушка L2 набирает существенное индуктивное сопротивление с ростом частоты, образуется "прямая дорога" для КВ-сигналов через паразитные ёмкости в КПИ, что особенно вредно сработает при приёме с ТА. Конденсатор C3 существенно устраняет глобальное прохождение КВ-сигналов выше частоты 5 МГц. Но с катушкой L2 образуется выраженный резонанс с заметной чувствительностью антенной системы. Эту резонансную частоту оптимально подобрать в 2,5...4 раза выше максимальной частоты приёма, ещё бы и в мало загруженном диапазоне. Этот резонанс довольно узкий из-за высокого соотношения C/L параллельного контура, и узкая полоса не позволит образоваться продуктам IM_2 или IM_3 со спектром в диапазоне ДВ или СВ. Резистор R1 (типично 3...10 кОм) дополнительно подавит этот резонанс на 10...3 дБ, при этом практически не повлияет на уровень полезного сигнала на ДВ и СВ, так как импеданс узла связи на полезной частоте на порядки меньше. На **рис. 18** показана расчётная АЧХ (масштаб — 10 дБ/дел.) при настройке входной цепи на частоту 1720 кГц, пик на частоте 4,2 МГц образуется от контура L2C3, и резистор R1 его ослабил дополнительно на 10 дБ.

Этот резонанс ухудшает расчётное подавление зеркального приёма на частоте 2,7 МГц на 4...6 дБ, выше 4,2 МГц улучшено подавление на КВ. Входной узел при приёме на частоте 1720 кГц уверенно обеспечит подавление зеркального канала приёма на 56 дБ. На частотах ниже — намного больше, до 70 дБ, например при приёме на частоте 1155 кГц.

11. Согласование УВЧ со смесителем

В предложенной концепции трёхсекционный КПЕ перестраивает входной двухконтурный фильтр и гетеродин, поэтому на стыке УВЧ и смесителя придётся работать без перестраиваемого узкополосного фильтра. Так как гетеродин работает на частоте выше частоты приёма, в качестве согласующего звена целесообразно применить ФНЧ и заодно подавить шум УВЧ на зеркальной частоте и гармониках гетеродина, дополнительно улучшить глобальную селективность до смесителя. Ещё в составе этого звена стыковки должен быть некий трансформатор, который обеспечивает питанием УВЧ, а также создаёт симметричный выход к смесителю. На **рис. 19** показана схема моделирования ФНЧ и трансформатора для ДВ-приёма 153...279 кГц (АЧХ — синяя, 10 дБ/дел.).

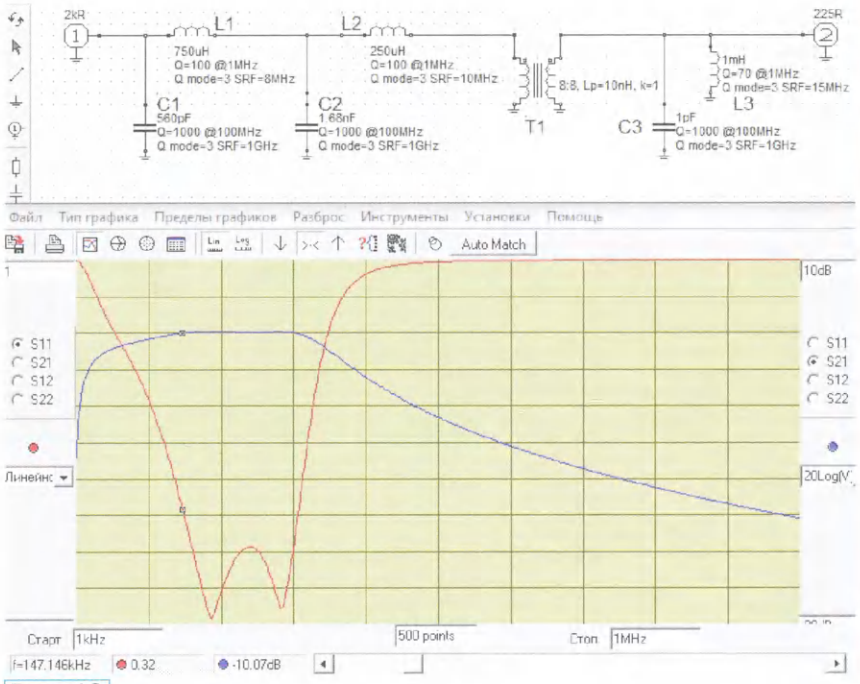


Рис. 19

Рис. 20

Используемый симулятор простой и не умеет прочитать и рассчитать сложную схему, поэтому нужно перевести реальную схему в эквивалентную, читаемую для программы. Терминал 1 имеет собственный импеданс 2 кОм — это коллекторный выход УВЧ с резистором 2 кОм к питанию. Постоянный ток коллектора проходит через катушки L1, L2 и трансформатор T1, холодный конец первичной обмотки блокируется по ВЧ, и на него поступает напряжение питания, в моделировании это просто заземление этого вывода первичной обмотки. На выходе симметричная схема не даёт симулятору работать правильно, поэтому нагрузка смесителя (терминал 2) — 225 Ом (150...300 Ом). Симулятор представит идеальный трансформатор, а его конечную индуктивность характеризует катушка L3. Трансформатор имеет одинаковые обмотки, что резко упростит его изготовление.

ФНЧ работает на основе каскада из двух Г-образных звеньев L1C1 и L2C2. На их стыке присутствует импеданс 670 Ом, т. е. каждое LC-звено трансформирует импеданс с коэффициентом 2,81, и поэтому источник сигнала импедансом 2 кОм согласован на нагрузку 225 Ом. Но это только на первый упрощённый взгляд. На самом деле эти два звена

Рис. 21

работают как связанные контуры, и при правильном согласовании образуется ровная вершина в АЧХ во всём ДВ-диапазоне. На более низких частотах теряется трансформирующее действие, а выше работают LC ФНЧ. Но расчётные параметры S11 и S22 "выдадут правду" о полном согласовании на двух частотах. Конденсатор C3 (см. рис. 15) может быть применён для компенсации индуктивности трансформатора, и с его помощью согласование можно довести до идеала.

На **рис. 20** показана АЧХ этого же звена, если уменьшить число витков трансформатора в два раза (индуктивность — 250 мкГн). После установки конденсатора C3 с оптимальной ёмкостью 1500 пФ согласование восстановлено с достаточным качеством (**рис. 21**).

Однако этот конденсатор иногда вредит. Дело в том, что если вход смесителя низкоомный (эмиттер БТ или исток ПТ), с этим конденсатором на высоких частотах получается большое усиление и пустой шум. А для диодных смесителей и при подаче сигнала на базы (затворы) балансных смесителей такой конденсатор не только улучшает АЧХ и согласование, он ещё полезным образом избавит смеситель от лишнего шума на частотах выше рабочего диапазона. На печатных платах этот конденсатор нужно экспериментально подобрать в зависимости от исполнения трансформатора T1 и трансформатора смесителя, вместе взятых. Вышеуказанное оптимальное значение 1500 пФ может легко увеличиться до 3...4 нФ при подключении смесителя со своим трансформатором.

Трансформатор к смесителю разрабатывают так, чтобы на минимальной рабочей частоте его индуктивное сопротивление было больше трёхкратного активного сопротивления согласования. Индуктивность одной обмотки трансформатора должна быть не менее 70/180/500 мкГн для СВ-В/СВ-Н/ДВ, чтобы точно обойтись без конденсатора компенсации, а с конденсатором допустимо 30/70/200 мкГн. Этот трансформатор можно намотать на кольцах диаметром 7...10 мм из феррита М2000НМ. Для ДВ лучше применить феррит М1500НМС или М2500—М6000НМх. На диапазоне СВ-В лучше работает феррит М1000НМ/НН или М600НН. Ещё хорошие результаты для СВ получаются на стандартных АМ-КПИ с ферритовым магнитопроводом типа гантель. Для ДВ нужно подобрать АМ-КПИ с таким увеличенным магнитопроводом, чтобы разместить две обмотки индуктивностью по 0,5 мГн, намотанных проводом 0,07 мм.

При работе с ИМС К174ХА2 целесообразно сделать выходную обмотку симметричной с заземлением среднего вывода. На ДВ и СВ можно не увеличивать число витков в выходной обмотке. На СВ-В для приёма от встроенных антенн стоит сделать трансформатор с соотношением витков 1:(1+1) и установить оптимальный конденсатор C3 и параллельно с ним резистор сопротивлением 1,5 кОм.

Во всех предложенных вариантах этот ФНЧ рассчитан на импеданс 2 кОм со стороны УВЧ. Поэтому при согласовании в полосе пропускания нагрузка в коллекторе составит 1 кОм, и это обеспечит вместе с эмиттерным импедансом ООС требуемое усиление. При эмиттерном импедансе у транзистора в УВЧ 10 Ом и последовательном к эмиттеру резисторе 22 Ом (в сумме 32 Ом) усиление УВЧ по напряжению составляет около 30 (30 дБ), и это вполне достаточно для работы приёмника на уровне эфирных шумов со встроенными антеннами. Дополнительную ООС в эмиттерной цепи желательно сделать с помощью дросселей.

12. Особенности гетеродина диапазонов ДВ и СВ

Заводские КПИ для гетеродина ДВ/СВ различаются в приёмниках "Океан-214" и "Океан-209" в части расположения выводов обмотки к коллектору и эмиттеру. Для универсальности на печатных платах предусмотрена на выбор установка дополнительных резисторов в варианте R30R31 или R30AR31A, так что можно использовать все гетеродинные КПИ в их заводском исполнении.

Конструкция гетеродинных контуров для ДВ и СВ всегда отличалась тем, что обеспечивала высокое сопротивление (соотношение L/C в полном контуре). Поэтому контурные обмотки в этих КПИ имеют индуктивность 10 мкГн (СВ) и 30 мкГн (ДВ) с соотношением витков к эмиттерному отводу примерно 5:1, что примерно совпадает с конструкцией КПИ для КВ. Эта часть от холодного конца до коллекторного отвода может быть намотана простым обмоточным проводом диаметром 0,1...0,15 мм. Но остальная часть, которая доведёт индуктивность до полного значения, должна быть выполнена литцендратом. Дело в том, что он только на ДВ и СВ улучшает добротность и обеспечивает качественную генерацию. На КВ он ведёт себя как рыхлый провод и тем самым очень хорошо подавляет КВ-генерацию и гармоники.

В заводском варианте гетеродинных КПИ имеется странное соотношение числа витков обмотки к эмиттеру и к смесителю. Для КВ они примерно одинаковы, а здесь с явным перевесом к смесителю. Для работы с диодным смесителем это не проблема, так как при возникновении генерации диоды закрыты, а потом равновесие генерации образуется частично от резко растущего тока в диодах. По этой причине и нужно было при замене диодов Д9В диодами Д311 установить последовательный резистор, чтобы ДВ/СВ-гетеродин снова работал штатно. Однако, если заменить диодный смеситель активным, при запуске генерации нагрузка присутствует, и при её сопротивлении 100...150 Ом генерация может не возникнуть, флуктуирует или даже прекращается. Поэтому стоит предусмотреть подачу гетеродинного сигнала на повышенный импеданс, вплоть до 500...600 Ом. При этом размах сигнала на обмотке к смесителю может достигать 2...3 В.

В схеме новых ДП предусмотрен сложный ФНЧ между гетеродином и смесителем, и его можно сконфигурировать по-разному, в зависимости от конструкции смесителя и соотношения витков в обмотке к смесителю и к эмит-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

теру гетеродина. Если использовать заводские КПИ без их модификации, тогда подача сигнала с повышенным импедансом на активный смеситель или прямая подача на диодный смеситель на диодах серии Д311 должна быть реализована через резистор в составе смесителя. Если переделать в КПИ выходную обмотку, то изначально надо предусмотреть соотношение витков 5:6 эмиттер/смеситель и работать на импеданс 150 Ом.

При переделке гетеродинных КПИ нужно учесть взаимодействие витков и можно легко намотать формально правильное изделие, но генерации не будет. Также не получается частично переделать эти КПИ, так как менять нужно обычно многовитковую горячую часть, но её наматывают первой (также от завода), и придётся сначала всё остальное удалить. На **рис. 22** показан пример для переделки с нуля.

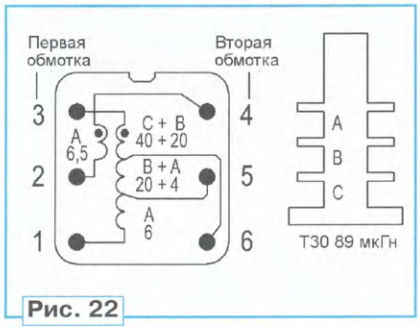


Рис. 22

В любом случае катушку начинают мотать с горячего конца контурной обмотки (вывод 3), заполняют нижнюю секцию С (n = 40) и завершают горячую часть обмотки в средней секции В (n = 20) с выходом к коллектору на вывод 6. Число витков в этой части зависит от целевого значения полной контурной индуктивности. Далее всё идёт по документации заводского описания КПИ. Продолжают намотку части обмотки между коллектором и эмиттером (выводы 6 и 5), основную её часть размещают в средней секции В (n = 20) и завершают обмотку в верхней секции А (n = 4) с выходом к эмиттеру (вывод 5). Завершают гетеродинную обмотку её эмиттерной частью в верхней секции А (n = 6). Выходную обмотку мотают последней в верхней секции А (n = 5,5 или 6,5), т. е. меньше витков, чем в заводской документации, так как там сделали ставку на "ленивый" диод серии Д9В, который уже на частоте 100 кГц не успеет чётко среагировать.

13. Какой быть МА?

Заводская МА при исправности уже хороший вариант и работает лучше, чем МА во многих более современных приёмниках. Если приём на ДВ и СВ не из приоритетных задач, вполне можно оставить её в заводской версии, привести в товарный вид, применив доработанные заводские ДП-ДВ и ДП-СВ. Любопытно, что новый радиотракт на К174ХА2 лучше других сочетается с заводскими ДП для ДВ и СВ, так как промежуточный контур слабо нагружается микросхемой, существенно улучшена селективность УВЧ, и даже не особо симметричная выходная обмотка от УВЧ не вредит так, как при диодном смесителе.

Предложенные новые ДП для ДВ и СВ работают исключительно с доработанной МА и главным образом убирают маловитковые обмотки связи к УВЧ и всю их разводку. При простой доработке контурные обмотки остаются нетронутыми для работы на ДВ и СВ. Это мероприятие и соответствующее схемное решение на ДП существенно упорядочат диаграмму направленности МА и снизят её восприимчивость к Е-полям местных помех, улучшится подавление паразитного КВ-приёма, уменьшится паразитная ёмкость контурной обмотки. Более сложная модификация МА с новыми контурными обмотками позволит более правильно обеспечить сопряжение контуров или оптимально разделить диапазон СВ на СВ-В и СВ-Н с комфортной растяжкой шкалы, но выпадает из концепции приём ДВ с МА.

13.1. МА с заводскими индуктивностями на ДВ и СВ

Как ни стараться, в приёмниках после 1985 г. с обмоткой на ДВ имеется множество проблем, если переходить на качественную резонансную работу и сопряжение контуров, несмотря на идеальные результаты при моделировании. На ДВ индуктивность заводского варианта могла быть в интервале от 4,2 мГн до 5,3 мГн в настроенном и оригинальном состоянии обмоток, паразитные ёмкости мало предсказуемы. При таком разбросе спасает только сниженная добротность всего узла и широкая полоса пропускания, но при этом паразитный КВ-приём зашкаливает, а импульсные помехи найдут себе "дорогу". Поэтому у МА приёмника "Океан-214" обязательно нужно переделать излишне большую контурную обмотку на ДВ. Целесообразно это реализовать, как у МА приёмника "Океан-209", она всегда показывала отличные и повторяемые результаты.

В приёмнике "Океан-209" в большинстве случаев индуктивность ДВ-обмотки отдельно составляет 2,1 мГн, и вместе с СВ-обмоткой образуется индуктивность 2,4 мГн. Редко найдётся индуктивность 2,5 мГн, которая образует около 2,8 мГн вместе с СВ-обмоткой. Вероятно, это вызвано применением более тонкого провода при том же числе витков. ДВ-обмотка должна содержать 160 витков. Идеально было бы сделать зазор на один виток через каждые 40 витков, это существенно увеличит частоту собственного резонанса всей обмотки. Собственная добротность составной ДВ-обмотки — 160/100 на частоте 150/300 кГц. Поэтому полоса пропускания МА составляет 1...3 кГц при слабой нагрузке и 2...6 кГц — при оптимальной нагрузке 1 кОм на заводской обмотке связи, что в любом случае проблематично.

Отдельная СВ-обмотка (50 витков литцендрата, индуктивность — 195...200... 210 мкГн) не изменялась за всё время выпуска приёмников, она оптимальна для перекрытия полного СВ-диапазона с КПЕ ёмкостью 10...430 пФ. Несмотря на указанное штатное значение 200 мкГн в документации, часто встречается заводская индуктивность 210 мкГн, что, вероятно, связано с неудачным вариантом изготовления заводского контура гетеродина. Собственная добротность МА на СВ составляет 50/120/100 на частотах 530/1000/1600 кГц. Эти не очень большие значения обусловлены тем, что обмотка имеет значительную длину, и концы обмотки связаны на всего 50...70 % между собой на этих частотах. С другой стороны, такая добротность даже при приёме на частоте 531 кГц создаст полосу пропускания не менее 10 кГц, реально 13...15 кГц, поэтому заводскую МА на СВ можно считать идеальным компромиссом, и применение литцендрата обеспечит это базовое качество. На практике приёмники серии "Океан" известны своим достойным СВ-приёмом. Классические обмотки универсал с большим диаметром и малой длиной из ламповых приёмников могут иметь добротность до 200, и с переходом на транзисторные приёмники эти красивые катушки с избыточным качеством исчезли вполне оправданно.

Заводская СВ-обмотка индуктивностью 200 мкГн позволит разделить СВ на два поддиапазона и уменьшить максимальный масштаб шкалы от заводского значения 13 кГц/мм для полного диапазона до 7...8 кГц/мм в отдельных поддиапазонах. Это заметно улучшает комфорт при прогулке по СВ, и при использовании ФСС на ПЧ 465 кГц с крутыми скатами АЧХ можно осуществить филигранную отстройку от узкополосных помех, но некоторый

лёгкий дискомфорт остаётся при вечерней прогулке.

Важно! Если для СВ-В и СВ-Н используется одна и та же обмотка на МА индуктивностью 200 мкГн, нужно сначала наладить ДП СВ-В и потом уже ДП для СВ-Н без изменений МА.

13.2. Новая МА для СВ-Н и СВ-В

Если на ДВ нет достойных сигналов в эфире, то стоит оптимизировать МА для разделения СВ на два поддиапазона (СВ-Н, СВ-В). Можно позже установить ДП-ДВ для приёма от ТА для выездного радиоприёма. Основная цель с новой МА — это улучшение комфорта при СВ-приёме. К тому же на СВ-В улучшается селективность и защита от КВ-приёма с большой антенной. Изначально эта МА была разработана для варианта радиотракта с двойным преобразованием, с первой ПЧ 2510 кГц, но позже она и при ПЧ 465 кГц показала хорошие результаты по селективности.

Сначала было проведено тестирование МА с двумя обмотками индуктивностью 80 мкГн (СВ-В) и второй обмоткой на 240 мкГн, что дало хороший результат радиоприёма на СВ-Н при суммарной индуктивности 360 мкГн. Однако при качественной реализации такой МА возникли разные сложности с большой обмоткой при индуктивности 240 мкГн. Поэтому в итоге предпочтительным решением оказалась комбинация обмоток по 80 мкГн (СВ-В) и 173 мкГн, вместе они дают 280 мкГн для СВ-Н (**рис. 23**).

Обе обмотки можно сделать из заводских обмоток. На одной оставляют 30 витков для обмотки СВ-В (80 мкГн), на другой — 45 витков (173 мкГн) для СВ-Н. Этот вариант хорош тем, что используется качественный заводской литцендрат и индуктивности выходят на большую добротность, так как длина обмоток сокращена. На частоте измерения 100 кГц обмотки 173/80 мкГн показали добротность 180/90. Из-за уменьшенной длины обмотки соотношение добротность/индуктивность стало больше, чем у заводских обмоток (на частоте 100 кГц). Позже это проявилось и на рабочих частотах МА.

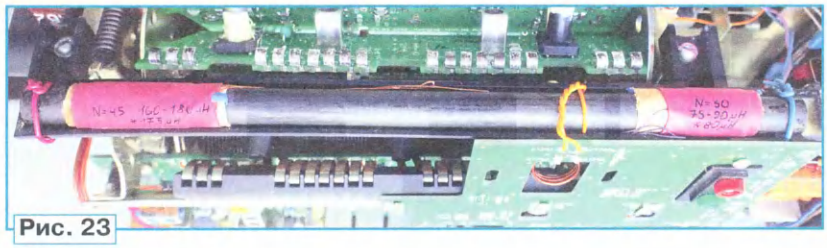


Рис. 23

Комбинированные МА требуют строгого порядка налаживания. Сначала налаживают ДП с более высокой частотой и участием только малой обмотки. После этого уже налаживают ДП нижнего диапазона с участием обеих обмоток, но малую обмотку уже не трогают.

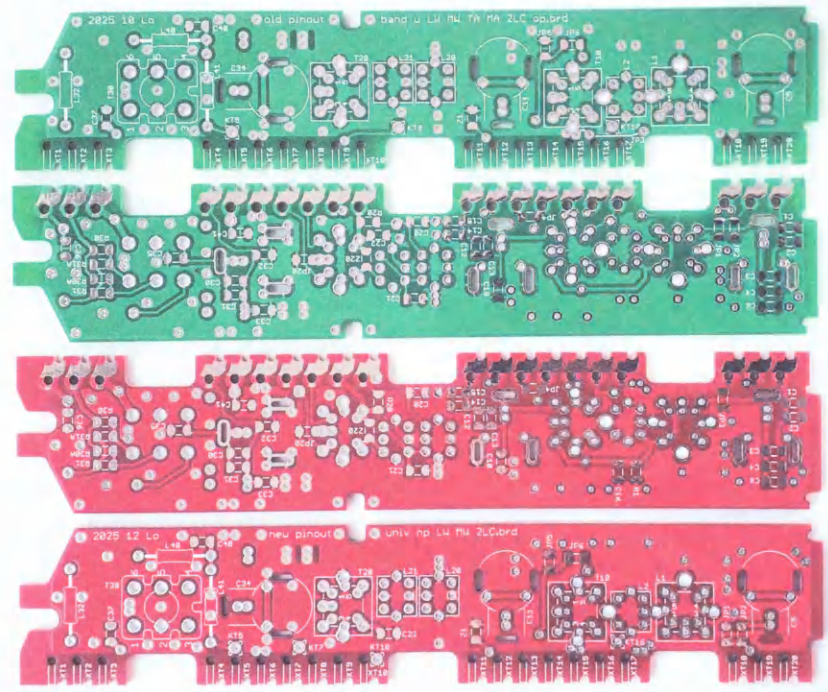


Рис. 24

Переключение поддиапазонов осуществляется крайне простым образом. Изначально обе обмотки соединены синфазно последовательно для образования большой индуктивности на СВ-Н. Используются крайние выводы, общий вывод обмоток не используется. При работе на СВ-В создаётся короткое замыкание для большой обмотки с коммутацией среднего вывода на крайний вывод, чем МА работает только с малой обмоткой. Это замыкание осуществляется перемычкой на ДП для СВ-В. При коротком замыкании большой обмотки индуктивность малой обмотки уменьшается всего на 1 %, и при этом её добротность практически не меняется. Это говорит о том, что из общей длины МА участвует только половина для приёма СВ-В.

Для приёма на ДВ/СВ/КВ с ТА все выводы от МА коммутируются на ДП к общему проводу, и МА превращается в заземлённый "кусок меди и феррита" и ничем не вредит работе приёмника.

14. Универсальная ДП для ДВ и СВ

В длительном процессе разработки ДП были опробованы разные схемы и печатные платы, всегда для отдельного случая. Такое разнообразие печатных плат оказалось неудобным для повторения или адаптации. По итогам всех этих экспериментов была разработана одна новая универсальная ДП для ДВ и СВ, поэтому её можно сконфигурировать для разных случаев. Предложенные ниже схемы могут быть реализованы и на старых платах с тем же качеством.

Так как для КВ пришлось разработать альтернативное улучшенное подключение ДП к радиотракту, для ДВ/СВ разработано два варианта, но схема у них одна и та же, отличие — в выведении сигналов к клеммам. Новые ДП для ДВ/СВ разработаны на печатных платах по старой схеме подключения БПД с зелёной защитной маской. Печатные платы для ДП по новой схеме подключения к БПД сделаны с красной защитной маской, на **рис. 24** показаны обе платы. Это имеет место в ДП для КВ, и пере-

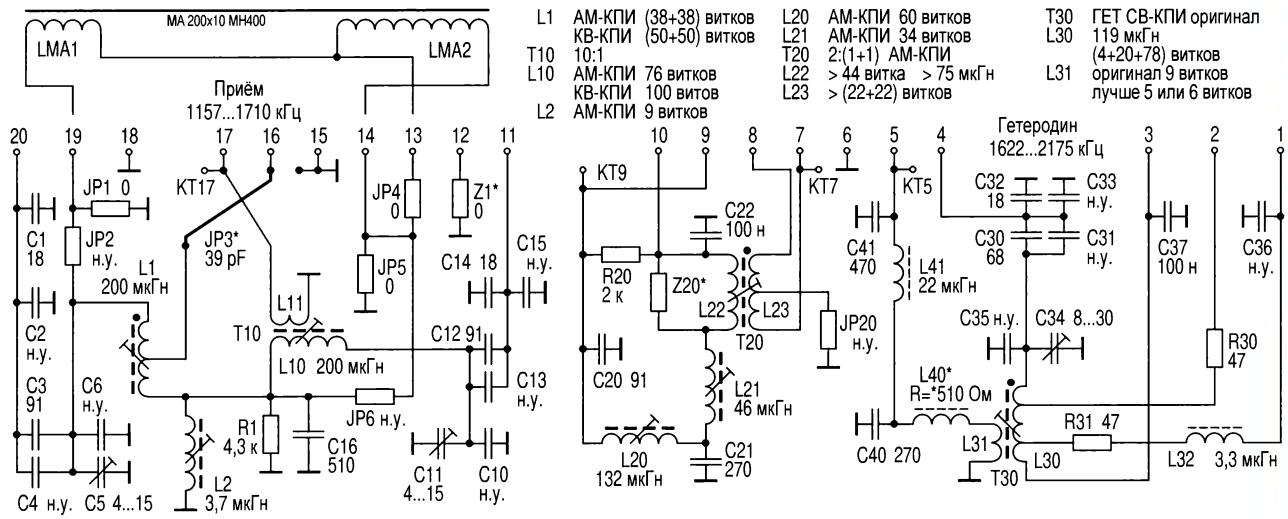


Рис. 25

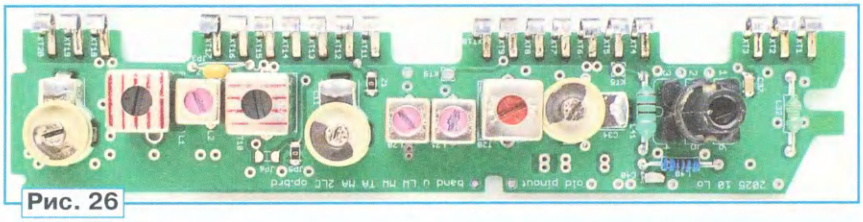


Рис. 26

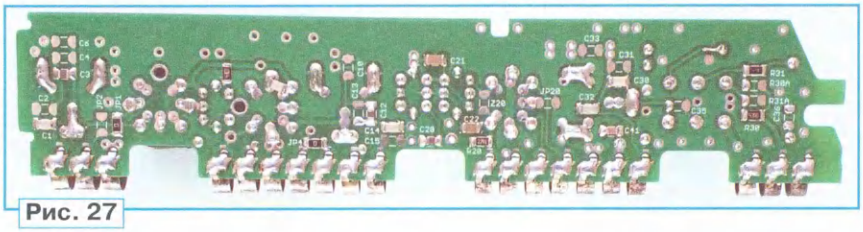


Рис. 27

доработанные ДП для ДВ и СВ с заводской МА и доработанные заводские ДП-КВ. Получился хороший вариант для эксклюзивного выездного СВ-приёма без переделки БДП, и можно попробовать "на вкус" СВ-приём с ТА, но без глобальных переделок.

14.1.1. Антенный узел

Для работы с ТА устанавливают катушку L1, а МА отключается установкой перемычек JP1, JP4, JP5 для короткого замыкания, и отсутствием JP2, JP3, JP6 ток сигнала не утечёт в сторону. Сигнал приходит от ТА на контакт 16, проходит два колебательных контура и выходит к УВЧ

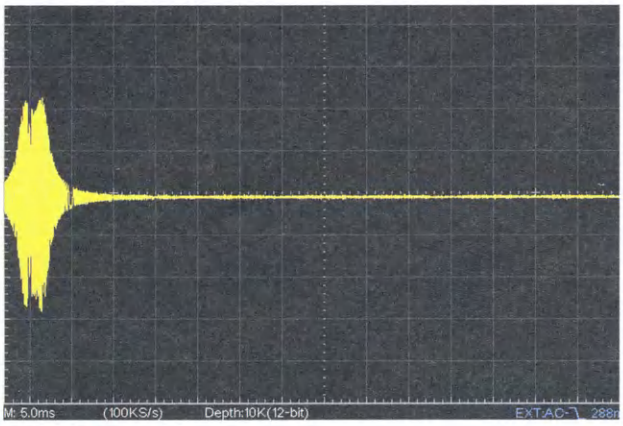


Рис. 28

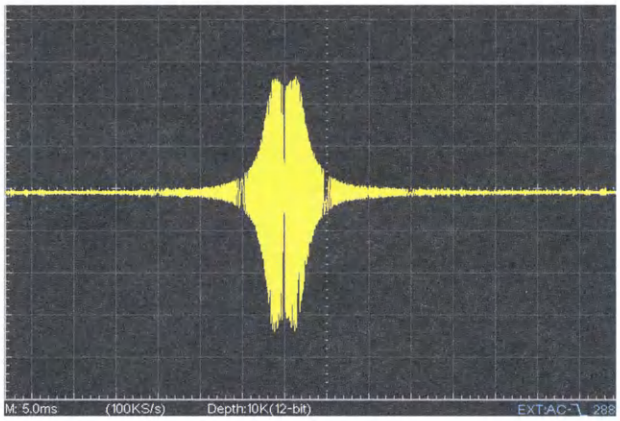


Рис. 29

мешивать их "по цвету" в составе одного приёмника нельзя.

14.1. ДП СВ-Н для ТА (200 мкГн)

На **рис. 25** показана схема ДП для приёма с ТА в диапазоне СВ-В (1157...1710 кГц) при старой схеме коммутации. МА показана информативно, она полностью заземлена к ДП и отключена. Зелёная печатная плата на **рис. 26** и **рис. 27** подсказывает, что она выполнена для случая заводского варианта коммутации к радиотракту.

Эта ДП работает в составе БПД, где установлены заводские через контакт 17. Чтобы улучшить развязку, на печатной плате установлена проволочная перемычка JP3 над сплошным полигоном общего провода. Как показала практика, для СВ-В при индуктивности 200 мкГн ёмкость узла ТА слишком велика, поэтому вместо проволочной перемычки

JP3 устанавливают выводной конденсатор ёмкостью 39...47 пФ. Альтернативно можно отвод у L1 переместить на 33...35 %, считая от холодного конца, тем самым и обойтись без конденсатора на печатной плате с новой коммутации.

В опытных версиях катушка связи L2 была реализована в виде двух последовательно соединённых аксиальных дросселей, что существенно снизило добротность и искривление АЧХ. Затем для L2 была применена простая АМ-КПИ (основание 7×7 мм) с хорошо замкнутым магнитопроводом. Плавной подстройкой легко наладить правильную связь контуров. Элементами R1 и C16 можно оптимизировать подавление паразитного КВ-приёма.

Подборкой импеданса элемента Z1 реализуется эмиттерная ООС в УВЧ, чаще всего это катушка индуктивности. В указанном варианте компоновки установлено нулевое сопротивление (SMD-перемычка), так как в КПИ применены изделия типа гантель из КВ-феррита. У них на СВ с ростом частоты существенно растёт добротность, и компенсации с помощью ООС не требуется. При применении обычных АМ-КПИ для L1 и T10 в качестве Z1 используют индуктивность около 3 мкГн (SMD 1206/0805). На **рис. 28—рис. 30** показана АЧХ входного узла на частотах 1157/1450/1710 кГц в линейном масштабе 50 кГц/дел (диапазон 1,1...1,9 МГц), снятая с выхода УВЧ на нагрузке 100 Ом.

Небольшое увеличение уровня сигнала на 3 дБ с ростом частоты связано с растущими эффективностью ТА и добротностью КПИ, при этом входной импеданс УВЧ падает с ростом частоты и в целом всё получается сбалансированным. Хорошо видно, что форма АЧХ не меняется при перестройке.

14.1.2. Согласование УВЧ со смесителем

По результатам моделирования и измерений в этом узле (**рис. 31**) было получено подавление зеркального приёма и шума на 9...20 дБ, а для полезных сигналов АЧХ имеет ровную вершину в диапазоне 950...1720 кГц.

К смесителю на ИМС К174ХА2 выполняют выходную обмотку симметричной с заземлением среднего отвода, устанавливают перемычку JP20. На месте Z20 устанавливают резистор сопротивлением 1,5 кОм и конденсатор ёмкостью 39 пФ. С диодным

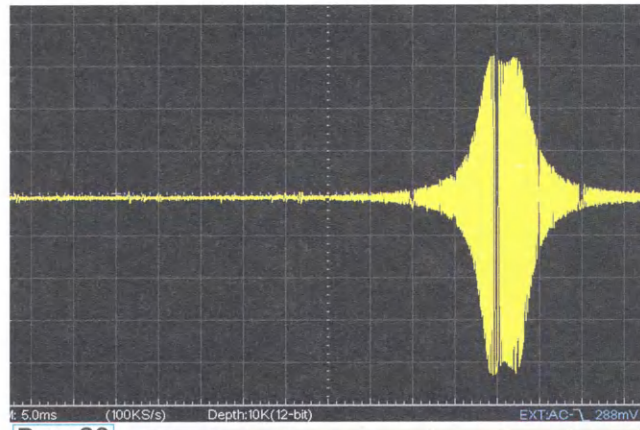


Рис. 30

смесителем надо использовать трансформатор T20 с витками 44:44, а на месте Z1 подбирать конденсатор (39...82 пФ).

14.1.3. Гетеродин

Гетеродин работает с ошибкой сопряжения менее 0,5/1,2/1,5 кГц на частотах 1155/1330/1700 кГц. Масштаб шкалы меняется в пределах 1,5/7/3 кГц/мм на частотах приёма 1155/1500/1720 кГц. Для сравнения, у заводской ДП-СВ на полный диапа-

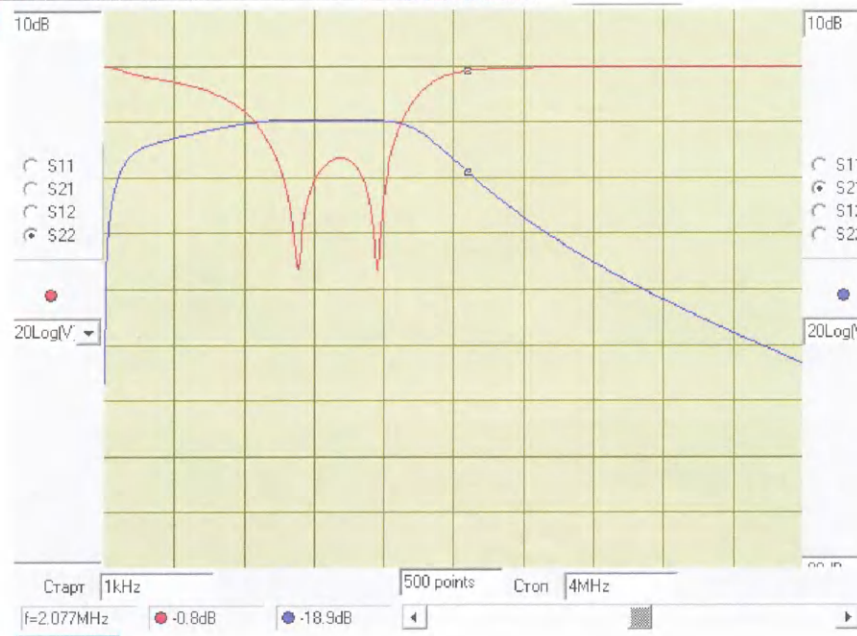


Рис. 31

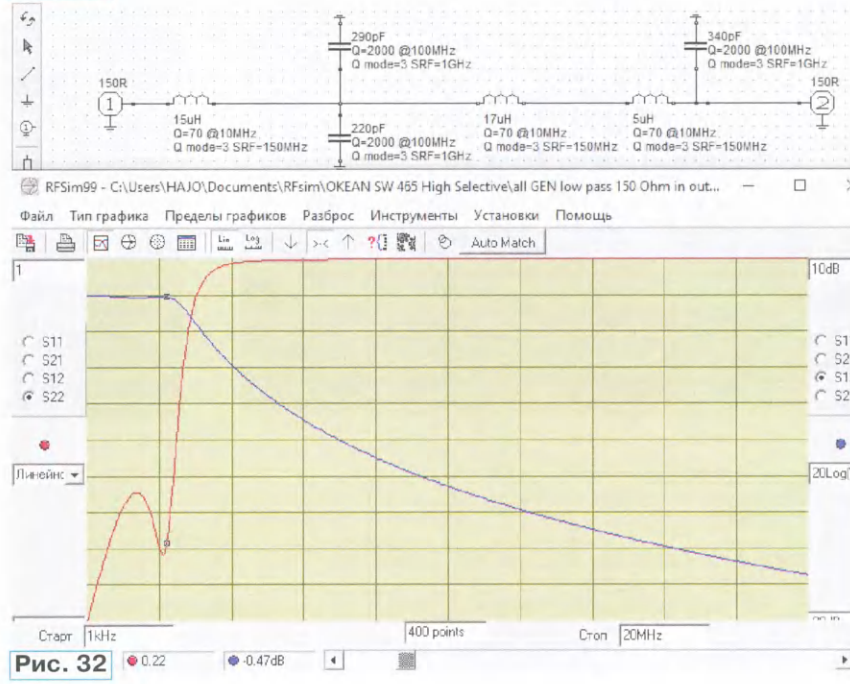


Рис. 32

зон масштаб шкалы меняется в интервале 0,7/13/7 кГц/мм на частотах приёма 531/1320/1610 кГц. Простое разделение шкалы с теми же индуктивностями уменьшило максимальную плотность шкалы на 40 %, что уже заметно улучшает комфорт при настройке приёма.

Применена заводская КПИ СВ-гетеродина (девять витков на выходе), и поэтому для случая активного смесителя использована особая компоновка выходного ФНЧ. Если применяется диодный смеситель, ФНЧ можно

дуктивностью 1 мГн.

Следом налаживают входной узел при выдвинутой ТА. Сигнал снимают с КТ7 при штатной нагрузке смесителем. Гетеродин нужно выключить и в случае диодного смесителя установить между клеммами 7 и 8 нагрузку 240...270 Ом. Сначала налаживают без особого схождения АЧХ двухконтурного фильтра и находят оптимальную индуктивность для КПИ L2. После этого уже налаживают частотное перекрытие в диапазоне 1155...1720 кГц с центром АЧХ на этих частотах.

и поэтому более низкое соотношение L/C идёт в пользу нагруженной добротности. Чтобы не терять сигнал от ТА, отвод к ней сделан не от 50 % обмотки, а от 66 %, но более 75 % делать не стоит, так как исчерпается запас перестройки конденсатора С5. Эту ДП рекомендуется использовать с вариантом новой коммутации, так как только с ней реализуется полный потенциал подавления паразитного КВ-приёма более чем на 80 дБ.

При применении АМ-КПИ во входных контурах на месте Z1 нуж-

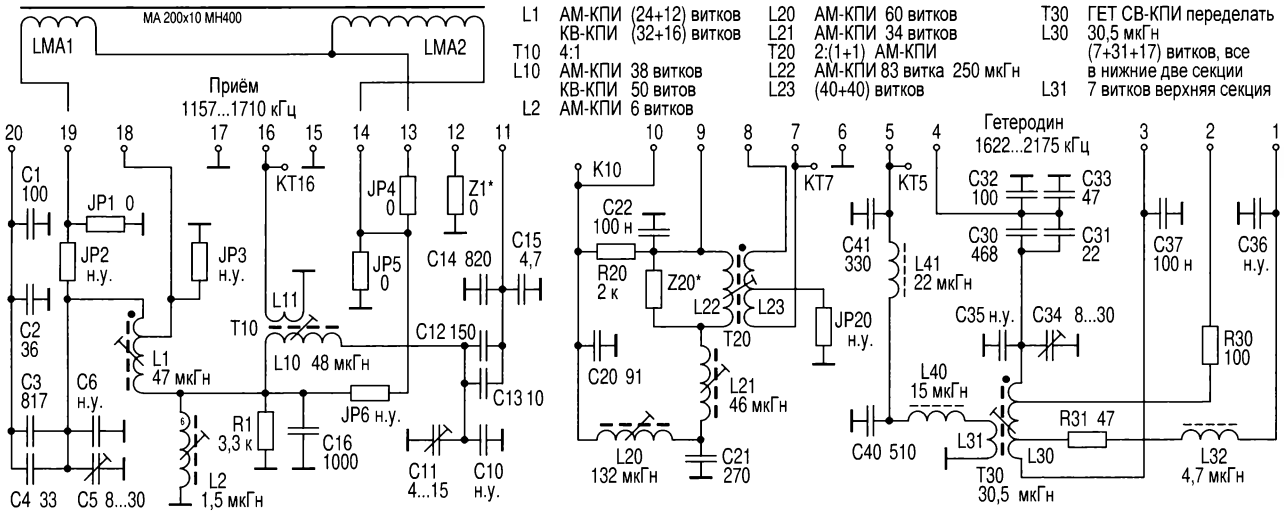


Рис. 33

вообще не устанавливать, и подборкой элементов R30, R31, L32, C36 достигается подавление гармоник на 40 дБ.

Если отмотать от выходной обмотки три витка и оставить шесть, с помощью ФНЧ на L40C40 и L41C41 дополнительно можно получить подавление первых гармоник на более 20...40 дБ для подачи сигнала на активный смеситель. Устанавливают ФНЧ (L40 = 15 мкГн, C40 = 510 пФ, L41 = 22 мкГн, C41 = 330 пФ) согласно модели на **рис. 32** (масштаб — 10 дБ/дел). Этот вариант рекомендуется для работы приёмника с внешней антенной.

14.1.4. Налаживание

Налаживание проще всего начинать с ФНЧ на стыковке УВЧ к смесителю, его можно наладить вне приёмника. Подают сигнал на КТ9 от источника с импедансом 2 кОм и снимают сигнал между клеммами 7 и 8 на нагрузке 220 Ом. Конденсатор на месте Z20 нужно подобрать с учётом трансформатора в диодном смесителе, если его полная индуктивность составляет 1 мГн, то к измерительной нагрузке надо добавить ещё ВЧ-дроссель ин-

В конце налаживают гетеродин. Сначала налаживают режим по гармоникам при нагрузке 330...560 Ом, потом уже с ФНЧ и рабочим смесителем по перекрытию всего диапазона приёма.

14.2. ДП для СВ-В (1157...1710 кГц) и ТА (50 мкГн)

При поиске оптимальной индуктивности для СВ-В были протестированы разные варианты в интервале 20...120 мкГн, оптимальным признан вариант с контурными индуктивностями 50 мкГн для приёма с ТА. Для МА при индуктивности менее 80 мкГн заметно деградирует эффективность антенны. На **рис. 33** показана схема варианта новой коммутации и новой комплектации, хотя сама ДП была собрана и налажена ещё на старой плате прототипов и показала отличные результаты радиоприёма.

Этот вариант отличается большим подавлением паразитного КВ и УКВ-приёма и идеально подходит для выездного приёма, где ожидаются в целом хорошие условия. Дело в том, что контуры работают в параллельном соединении с источником и нагрузкой,

на катушка индуктивностью 4,7 мкГн. Но выгоднее применить КВ-КПИ типа гантель (Q-4126, Q-3994) и тогда на месте Z1 надо установить перемычку. Индуктивность катушки связи L2 (1,4...1,7 мкГн) вместе с конденсатором C16 = 1000 пФ образуют резонанс на частоте 4,2 МГц, а резистор R1 уменьшает чувствительность на этой частоте на 6 дБ при нагруженной добротности Q = 30. Должна быть очень суровая эфирная обстановка, чтобы это испортило СВ-приём.

ФНЧ после УВЧ сделан без особенностей, трансформатор имеет запас по собственной индуктивности. Он реализован на АМ-КПИ, чтобы обмотки с соотношением витков 82:(40+40) поместились на малогабаритный каркас, их наматывают проводом диаметром 0,05 мм. При работе УВЧ на ИМС К174ХА2 на месте Z20 устанавливают резистор сопротивлением 390 Ом и параллельно конденсатор ёмкостью 33 пФ, также заземляют средний отвод катушки L23. С диодным смесителем на месте Z20 устанавливают только конденсатор ёмкостью 47 пФ.

Небольшая оптимальная индуктивность катушки гетеродина

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

30 мкГн обеспечивает сопряжение с ошибкой менее 0,8 кГц и даст повышенный комфорт при перестройке приёмника. Масштаб шкалы составляет всего 1,4/4,7/1,6 кГц/мм при частоте приёма 1155/1450/1710 кГц, это улучшение в три раза к заводской шкале.

При правильной базовой настройке гетеродина на его выходе будет подавление гармоник более чем на 40 дБ, поэтому гетеродинный ФНЧ можно не устанавливать, тем более, когда в радиотракте с ИМС К174ХА2 индуктивности 200 мкГн для МА для СВ-Н.

14.4. ДП для СВ-Н (529...1200 кГц) и ТА (200 мкГн)

Схема ДП СВ-Н для приёма с ТА (**рис. 34**) предусмотрительно разработана также для индуктивности 200 мкГн, что облегчит её переделку для приёма с МА. На этих частотах нет смысла применять КВ-феррит, для элементов L1 и T10 применяют обычные подстроечник из феррита М100НН (из КВ-КПИ). К тому же выходная обмотка содержит лишние девять витков и выше в схеме указана компоновка гетеродинного ФНЧ. Будет проще, если намотать Т30 "с чистого листа" и применить оригинальный подстроечник из феррита М600НН. Для этого надо разобрать гетеродинную КПИ, кроме горячей части от коллекторного вывода. Эта часть в заводском варианте содержит 78 витков, удаляют 18 витков и далее в соответствии с рис. 22.

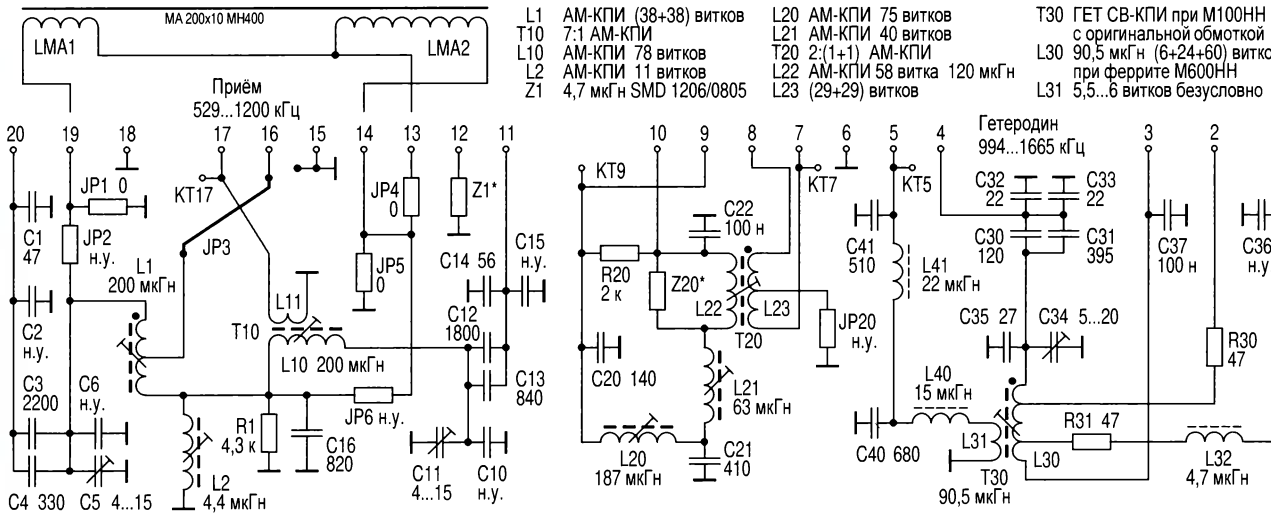


Рис. 34

предусмотрен формирователь импульсов для гетеродинного сигнала. Гетеродинную КПИ наматывают, как описано ранее, но всю контурную часть размещают равномерно в нижние две секции каркаса. Выходную обмотку шесть витков размещают отдельно в верхней секции, но в её нижней половине.

14.3. ДП для СВ-В (1155...1710 кГц) и МА (200 мкГн)

ДП для СВ-В с ТА из раздела 13.1 легко переделать для работы с МА при её штатной индуктивности 200 мкГн. Для этого не нужна КПИ L1, убирают перемычки JP1, JP5 и устанавливают перемычки JP2, JP4, JP6. Также оказалось целесообразным установить перемычку на месте Z1. Если ДП ранее была настроена для работы с ТА, остаётся только настроить входной узел. Подают сигнал на МА (один виток) и снимают сигнал с КТ7. Гетеродин деактивируют. Рекомендуется JP3 заземлять. Очень важно придерживаться ранее налаженной АМ-КПИ и обмоточный провод диаметром 0,07 мм. Но для L1 можно применить АМ-КПИ с увеличенным основанием 10×10 мм и использовать более толстый провод или литцендрат, можно также переделать КПИ из заводского УПЧ на 90 витков и отводом от 50...60 % обмотки, считая от холодного конца. Т10 ограничен высотой 12,5 мм. В таком случае соотношение витков у Т10 менять с 7:1 на 6:1. Это улучшает КПД узла при передаче энергии от ТА к УВЧ.

Трансформатор Т20 намотан на каркасе АМ-КПИ, использован провод диаметром 0,07 мм для обмоток 58:(29+29) с индуктивностью не менее 120 мкГн (L22). При работе с ИМС К174ХА2 на месте Z20 устанавливают резистор сопротивлением 390 Ом и необходимо подобрать к нему конденсатор на сотни пикофарад для компенсации индуктивности Т20. С диодным смесителем на месте Z20 подбирают только конденсатор.

Гетеродинная КПИ в заводском исполнении ведёт себя капризно. Рекомендуется для полного погружения использовать

14.5. ДП для СВ-Н (529...1200 кГц) и МА (200 мкГн)

Сначала изготавливают ДП для МА на СВ-В, потом уже ДП для МА на СВ-Н, и поэтому эту ДП нужно наладить без изменения индуктивности МА. Для этого сначала налаживают входной двухконтурный фильтр. С помощью элементов С3, С4 и С12, С13 можно корректировать нижнюю граничную частоту перекрытия (529 кГц), это самый сложный момент. Это нужно сделать при правильном выборе индуктивности катушки L2, которая определяет вершину АЧХ, конденсатор С16 должен быть установлен и вызвать резонанс на частоте выше 3 МГц. Конденсаторами С5 и С11 устанавливают верхнюю крайнюю частоту поддиапазона 1200 кГц (центр).

По сути нет разницы в компоновке в схеме по рис. 34, однако L1, JP1, JP5 не устанавливают, а устанавливают JP2, JP4, JP6 и заземляют вход от ТА с помощью проволочной перемычки JP3. На **рис. 35** показана результирую-

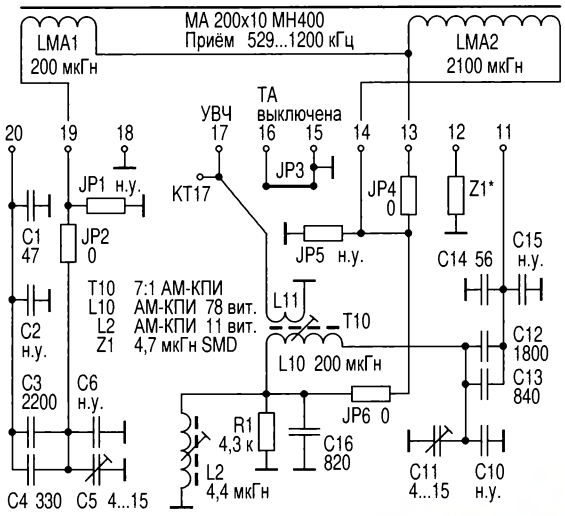


Рис. 35

КПИ входного узла нужно подобрать с увеличенным ферритовым подстроечником, удельная индуктивность должна быть не менее 55...65 нГн на один виток (35...40 нГн у обычных АМ-КПИ). Корпуса допускаются с высотой до 12,7 мм. Катушку L1 наматывают с отводом от 50 % обмотки. Минимальная паразитная ёмкость получается при нанесении обмотки двумя "клинами". То есть не надо мотать красиво по слоям, а сначала заполнять объём, получаются два встречных клина. Для катушки связи индуктивностью 80...100 мкГн используют АМ-КПИ, число витков — 35...40 провода диаметром 0,07 мм. Подборкой конденсатора С16 устанавливают резонанс чуть выше СВ-диапазона. При правильной компоновке, налаживании L2 и оптимальном числе витков катушки L11 для приёма образуется полоса пропускания 8 кГц (по уровню –3 дБ) на частоте 153 кГц и около 15 кГц на частоте 279 кГц.

На месте катушки L20 подходят многие стандартные изделия без переделки, заявленные на L = 500...680...800 мкГн (Q-4288). Трансформатор Т20 должен иметь индуктивность не менее 250 мкГн (L22), желательно ближе к 500 мкГн, и это уже на стандартных АМ-КПИ не сделать. Нужны изделия с увеличенным ферритовым магнитопроводом или использовать кольцевой

щая схема входного узла для работы с МА на плате со старой коммутацией.

Аналогично комплектуется входной узел СВ-В и ДВ для работы с МА, перемычка JP4 отвечает за участие большой обмотки LMA2. В зависимости от качества исполнения обмоток МА и Т10 может потребоваться незначительная коррекция для L2 для обеспечения ровной вершины в АЧХ с перепадом менее 1 дБ (10 %).

14.6. ДП для ДВ-приёма с ТА (2400 мкГн)

И в этом случае КПИ подобраны для простой возможности переделать ДП для работы с МА,

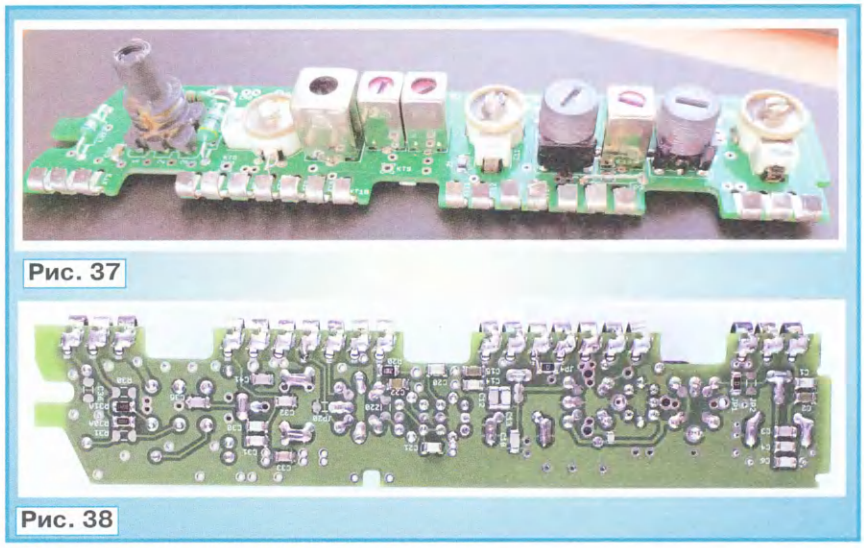


Рис. 37

Рис. 38

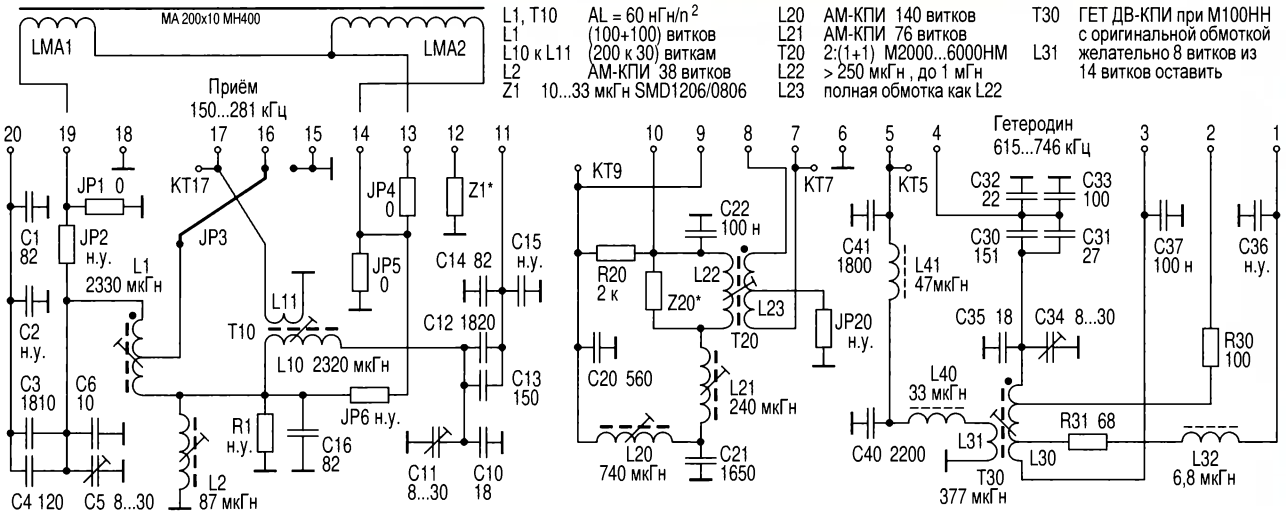


Рис. 36

схема показана на **рис. 36** для старого способа коммутации. На **рис. 37** и **рис. 38** показаны смонтированные ДП.

объём на половину в упор к нижнему торцу одну половину объёма, а потом второй половиной обмотки заполнять оставшийся

ферритовый магнитопровод (М6000НМ).

Как показал опыт, КВ-подстроечник из феррита М100НН для требуемой гетеродинной индуктивности 377 мкГн полностью погружается в обмотку и создаст лучшую связь витков на КВ, что снизит уровень излучаемых гармоник. При использовании оригинальной КПИ гетеродина останется плохое согласование для активных смесителей, но мощности вполне достаточно, чтобы предоставить к выходу сигнал размахом 1,2 В. Дроссель L40 дополнительно развязывает узлы, что улучшает стабильность. Более правильно было бы от заводской выходной обмотки отмотать шесть витков (оставить восемь), но это редко получается без повреждения других обмоток.

Эмиттерную ООС в УВЧ можно в широких пределах адаптировать к реальным условиям. SMD-дроссели с индуктивностью 10...33 мкГн (типоразмер 1206/0805) приемлемы для модификации, это немного повлияет на вершину АЧХ, но не критично.

14.7. ДП для СВ с новой МА (80+170 мкГн)

Для этой МА было выбрано другое разделение диапазона СВ со стыковкой на участке 970...1056 кГц, которое в наше время для русскоязычного радиослушателя намного удобнее. Качество СВ-приёма с большими антеннами оказалось существенно лучше, чем с единой обмоткой индуктивностью 200 мкГн. Виток связи на МА также устанавливают на расстоянии 20 мм от края малой обмотки.

14.7.1. ДП для СВ-В (970...1713 кГц) с МА (80 мкГн)

Масштаб шкалы с этой ДП составляет 1,3/6,8/2,8 кГц/мм на частотах приёма 970/1450/1710 кГц, что в два раза комфортнее, чем заводская шкала. Схема этой ДП приведена на **рис. 39**, она немного отличается в части ФНЧ, который нужно тщательно составить и настроить, так как область зеркального приёма начинается уже на частоте 1900 кГц, и для смесителей с эмиттерным входом нужно обеспечить затухание хотя бы 2...4 дБ, без ущерба приёму на частоте 1710 кГц.

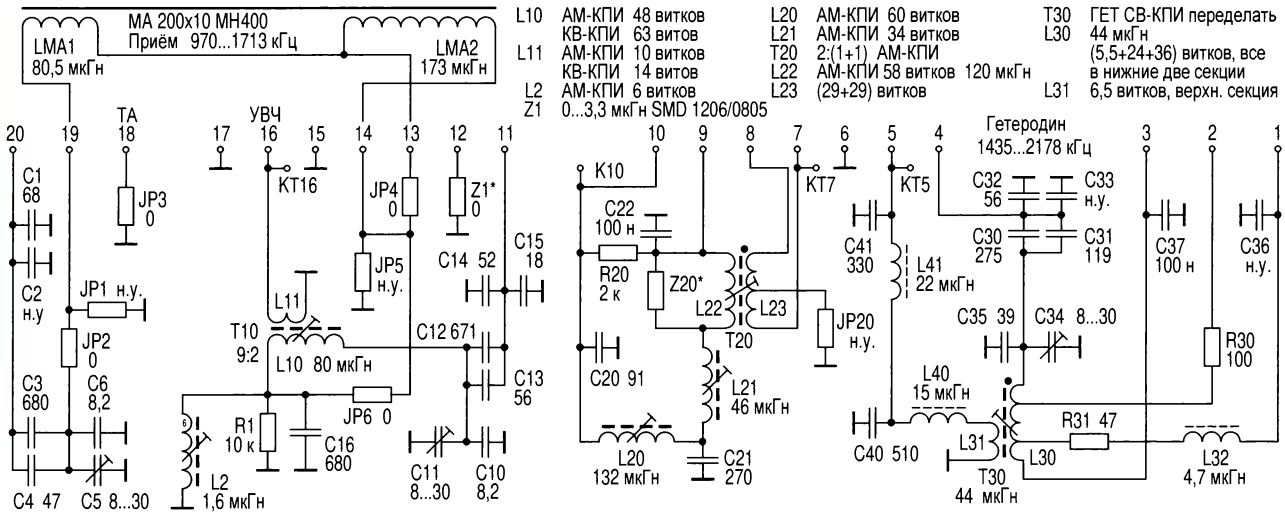


Рис. 39

При использовании КВ-КПИ на месте Т10 можно на месте Z1 установить перемычку, в других случаях индуктивность в интервале 1...3,3 мкГн подобрать для равномерного усиления по всему диапазону. Т10 должен быть качественным с высокой добротностью. Небольшое число витков позволит использовать литцендрат 3×0,05 (или 4×0,05) мм на ферритовом магнитопроводе АМ-КПИ типа гантель увеличенного типоразмера, число витков надо уменьшить на 40 % по сравнению с обычными АМ-КПИ. Гетеродинную КПИ мотают "с чистого листа" по примеру на **рис. 40**. Входной фильтр должен перекрывать диапазон 970...1715 кГц (по центру АЧХ), при этом гетеродин перестраивается в диапазоне 1435...2178 кГц при минимальной ошибке сопряжения по всему диапазону.

14.7.2. ДП для СВ-Н (529...1056 кГц) с МА (280 мкГн)

Для этой ДП масштаб шкалы составляет 0,7/5,1/2,7 кГц/мм при частотах приёма 531/870/1053 кГц, что обеспечивает комфорт, как и на СВ-В. По компонентам схема (**рис. 41**) менее сложная, использованы ранее упомянутые решения. КПИ гетеродина — заводская (СВ), и при возможности выходную обмотку надо уменьшить с девяти до шести витков, отмотав три витка.

Входной фильтр должен перекрыть диапазон 529...1059 кГц (по центру АЧХ), при этом гетеродин перестраивается в диапазоне 994,5...1521 кГц с минимальной ошибкой сопряжения по всему диапазону (ПЧ равна 465 кГц). Если "дотянуть" гетеродин до частоты 1524 кГц, расхождение в середине диапазона увеличится до 4 кГц вместо 1,5 кГц. Особенно важно на низкочастотном участке обеспечить сопряжение с учётом фактического значения ПЧ (464...466,5 кГц). ФНЧ на выходе УВЧ прошёл коррекцию по частоте среза и при приёме на частоте 531 кГц дополнительно обеспечит подавление зеркального приёма на 12 дБ на частоте 1460 кГц.

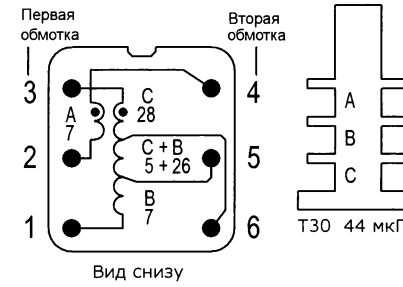


Рис. 40

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

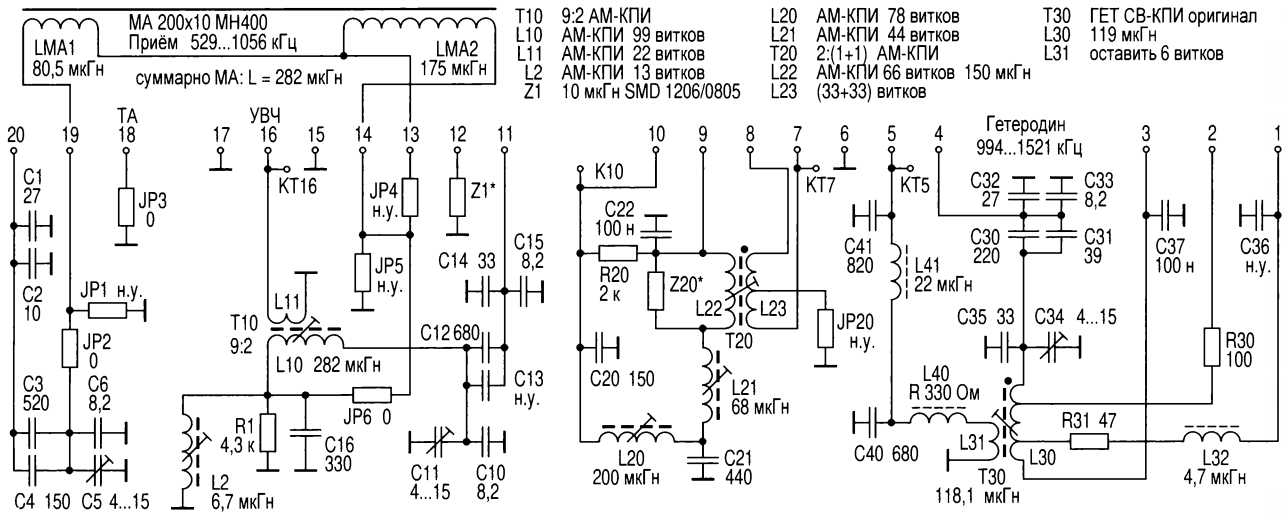


Рис. 41

15. Заключение

Как компромиссный вариант, катушку L1 можно намотать на полуоткрытом магнитопроводе, использовать коллекторную КПИ из заводской ДП для ДВ/СВ, экран не устанавливают. Новой обмоткой заполняют верхние две секции и частично нижнюю. Число витков подбирают так, чтобы подстроечник оказался относительно высоко в каркасе. Тогда эта ДП ведёт себя как ДП-КВ для приёма с ТА или с внешней антенной. Это не идеально, но может уменьшить число ДП в приёмнике для ДВ-СВ.

Новые ДП для ДВ и СВ позволяют и в домашних условиях, а также при выезде на природу осуществить дальний приём. Местный ДВ-СВ-приём практически исчез из нашей жизни, но также поддерживается. В последующей третьей части рассматриваются конструкции новых ДП для КВ-приёма.

Файлы для промышленного изготовления печатных плат выложены в архиве на сайте журнала. Домашнее изготовление нецелесообразно, так как требует высокой точности при резке периметра и размещения контактных клемм.

***От редакции**. Файлы для изготовления печатных плат диапазонных планок находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2026/02/DP-2.zip** на нашем FTP-сервере.*

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. С 1 декабря 2025 г. в Белгороде на частоте 92,6 МГц началось вещание радиостанции "Ретро ФМ" (источник — URL: **https://emg.fm/news/1934** (23.12.25)).

КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. С 1 декабря 2025 г. в Калининграде на частоте 88,8 МГц началось вещание радиостанции "Орфей" (источник — URL: **https://muzlifemagazine.ru/radio-orfey-nachinaet-veshhanie-v-kali/** (23.12.25)).

В Добровольске начала вещание радиостанция "Маруся ФМ" на частоте 105,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-110243883_4774** (23.12.25)).

Радиостанция "Радио Родных Дорог" начала вещание в Нестерове и Краснознаменске на частоте на 105,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-90495469_16618** (23.12.25)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. В начале декабря на частоте 99,2 МГц в Геленджике началось вещание радиостанции "Радио Максимум" (источник — URL: **https://rmg.ru/news/radio-maximum-zazvuchit-v-gelendzhike** (23.12.25)).

В Крымске на частоте 96,4 МГц вновь началось вещание радиостанции "Юмор ФМ" (источник — URL: **https://vk.com/wall-206132844_3421** (23.12.25)).

Радиостанция "Казак ФМ" начала вещание в г. Кропоткине и г. Гулькевичи на частоте 94,2 МГц. Параллельно присутствует вещание на частоте 103,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-62613163_25645** (23.12.25)).

ЛИПЕЦКАЯ ОБЛ. С 1 декабря 2025 г. радиостанция "Орфей", посвящённая классической музыке, в г. Липецке сменила частоту. Новая частота вещания — 96,1 МГц (источник — URL: **https://lipetsk.rtrs.ru/tv/radio veshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-orfey-v-fm-diapazone-v-lipetske/** (23.12.25)).

ЛНР. Православная радиостанция "Радио Вера" начала вещание в Луганске на частоте 88,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-51326921_60976** (23.12.25)).

НОВГОРОДСКАЯ ОБЛ. В Боровичах радиостанция "Европа Плюс" сменила частоту вещания. Новая частота — 101,9 МГц (источник — URL:

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

https://vk.com/wall-19037431_3397 (23.12.25)).

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. В Арсеньеве на частоте 94,1 МГц с 18 декабря 2025 г. началось вещание радиостанции "25 Регион" (источник — URL: https://vk.com/wall-197535681_5345 (23.12.25)).

ПСКОВСКАЯ ОБЛ. С 1 декабря 2025 г. в Пскове стартовало вещание радиостанции Radio Monte Carlo. Частота вещания — 106,7 МГц (источник — URL: https://rmg.ru/news/radio-monte-carlo-zazvuchit-v-pskove (23.12.25)).

1 декабря 2025 г. филиал РТРС "Псковский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио Родных Дорог" с региональными на частоте 96,8 МГц вставками в Опочецком районе. Мощность передатчика — 490 Вт. Высота подвеса передающей антенны — 168 м (источник — URL: https://pskov.rtrs.ru/tv/radio veshchanie/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rodnykh-dorog-v-opochetskom-rayone-pskovskoy-oblasti/ (23.12.25)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. В Ставрополе на частоте 89 МГц началось вещание радиостанции "Радио Родных Дорог" (источник — URL: https://vk.com/wall-143202128_43294 (23.12.25)).

ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ. С 1 декабря 2025 г. в Хабаровске на частоте 91,8 МГц началось вещание федеральной радиостанции "Орфей". Это важный шаг в реализации федеральной программы по развитию культурной инфраструктуры и обеспечению доступности классического наследия для всех россиян (источник — URL: https://toz.su/news/v_khabarovske_novaya_radiostantsiya_orfey/ (23.12.25)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АВСТРАЛИЯ. Радиостанции ABC Radio Perth, Radio National и News Radio перейдут из средневолнового диапазона в УКВ-диапазон. Этот шаг значительно улучшит качество звука для слушателей, уменьшит помехи и приведёт к финансовой экономии. Дата перехода и новые частоты для трёх станций будут объявлены в 2026 г. (источник — URL: https://www.abc.net.au/news/2025-12-12/abc-radio-stations-in-perthwill-move-to-fm-in-2026/106121114 (23.12.25)).

КАЗАХСТАН. В Казахстане готовятся внедрить единую платформу, которая будет автоматически отслеживать использование музыкальных произведений и начислять авторам вознаграждение. Платформу будут внедрять поэтапно. Сразу после вступления закона в силу подключат организации эфирного и кабельного вещания. С 1 июля 2026 г. к системе присоединятся театры, кинотеатры и филармонии. А с 1 января 2027 г. автоматический учёт станет обязательным для всех остальных категорий пользователей, которые используют музыку в публичных целях. В Министерстве юстиции рассчитывают, что новая система снизит число споров по начислению роялти и упростит взаимодействие между правообладателями и пользователями контента. Автоматический учёт фактических исполнений должен укрепить доверие к системе оплаты авторских прав и обеспечить справедливое вознаграждение тем, кто создаёт музыкальный контент (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__93523/ (23.12.25)).

КАНАДА. Радио Fairchild получило разрешение на закрытие своей радиостанции CJVB, вещающей на частоте 1470 кГц в Ванкувере (мощность передатчика — 50 кВт). Большая часть программ, которые транслируются сейчас на этой частоте, будет перенесена на УКВ-станцию CHKG-FM 96,1 МГц. Радиостанция CJVB будет закрыта в течение 60 дней после принятия решения, а сама лицензия будет отозвана 5 марта 2026 г. (источник — URL: https://crtc.gc.ca/eng/archive/2025/2025-346.htm (23.12.25)).

США. Радиоиндустрия США входит в период правовой неопределённости из-за нового исполнительного указа президента Дональда Трампа, посвящённого искусственному интеллекту (ИИ). Документ запускает масштабную попытку вернуть федеральный контроль над регулированием ИИ и тем самым поставить под вопрос законы штатов, которые уже сегодня напрямую влияют на работу радиостанций — от политической рекламы до использования синтетических голосов в эфире. Ряд штатов уже обязал вещателей раскрывать использование ИИ в политической рекламе и бороться с дипфейками. В Нью-Йорке действуют требования к звуковым предупреждениям в предвыборных роликах, в Калифорнии, Техасе и других штатах — нормы, возлагающие на сами радиостанции ответственность за вводящий в заблуждение синтетический контент. Теперь все эти правила могут оказаться под угрозой, хотя федеральной альтернативы им пока не существует (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__93552/ (23.12.25)).

Компания Townsquare Media Conservative Talk 1280 WGBF Evansville IN является следующим вещателем на средних волнах, который объявит о завершении своей деятельности. 102-летняя станция, которая была первой на медиарынке, замолчала 31 декабря 2025 г. WGBF работала с ненаправленной антенной днём с передатчиком мощностью 5 кВт и направленной антенной — ночью с передатчиком мощностью 1 кВт (источник — URL: https://radioinsight.com/headlines/328540/townsquare-to-sign-off-evansville-talker/ (23.12.25)).

В США компания American Public Media столкнулась с санкциями после того, как в эфире общественных радиостанций прозвучали сигналы, похожие на сигналы системы экстренного оповещения. Нарушение было зафиксировано в мае 2023 г. во время трансляции эпизода программы BBC Witness History под названием "В погоне за самым большим торнадо в мире", который распространялся через BBC World Service. По данным Федеральной комиссии по связи США, этот выпуск был ретранслирован почти на 550 общественных радиостанциях по всей стране. Федеральная комиссия по связи вновь подчеркнула, что использование сигналов системы экстренного оповещения вне реальных чрезвычайных ситуаций может привести к "усталости от оповещений", из-за чего аудитория начинает хуже реагировать на настоящие угрозы. Кроме того, такие сигналы содержат служебные данные, и их неправильное применение может спровоцировать ложные срабатывания или помешать передаче реальных предупреждений, создавая риск для общественной безопасности (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__93537/ (23.12.25)).

Хорошего приёма и 73!

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Отгружает Гиперон в Яндекс, Wildberries, Озон. Все товары собираем, в день заказа отправляем.

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

Мобильный микшер

А. НОСОВЕЦ, г. Новосибирск

Опубликованный в статье автора "Миниатюрные микрофонные стереоусилители" ("Радио", 2019, № 2, с. 12—14) микрофонный усилитель (рис. 3 в статье) изначально задумывался как переносной мобильный стереомикшер, в котором все регулировки уровней предполагалось выполнять непосредственно на подключаемых устройствах. Этот микшер работает в составе пе-

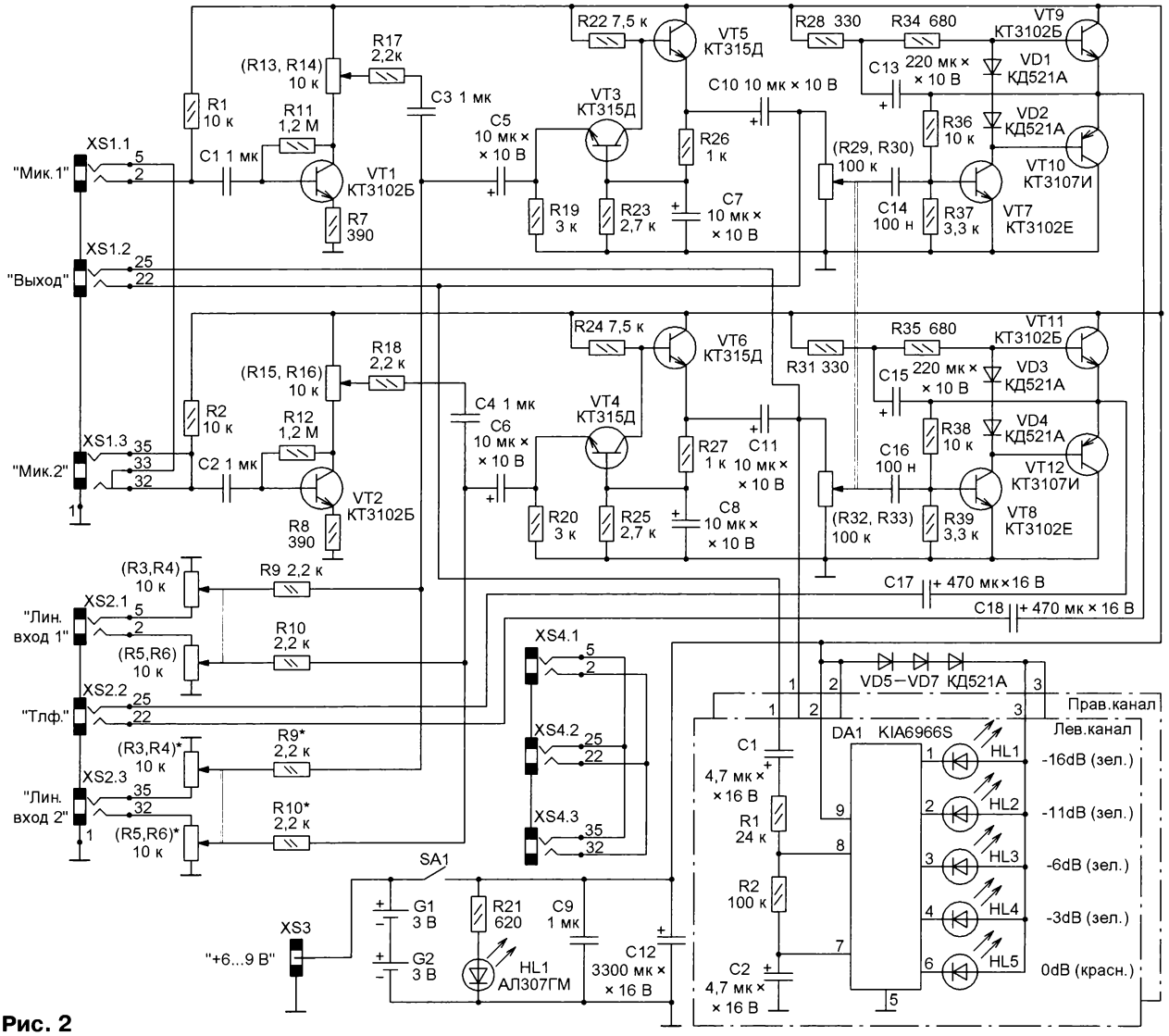
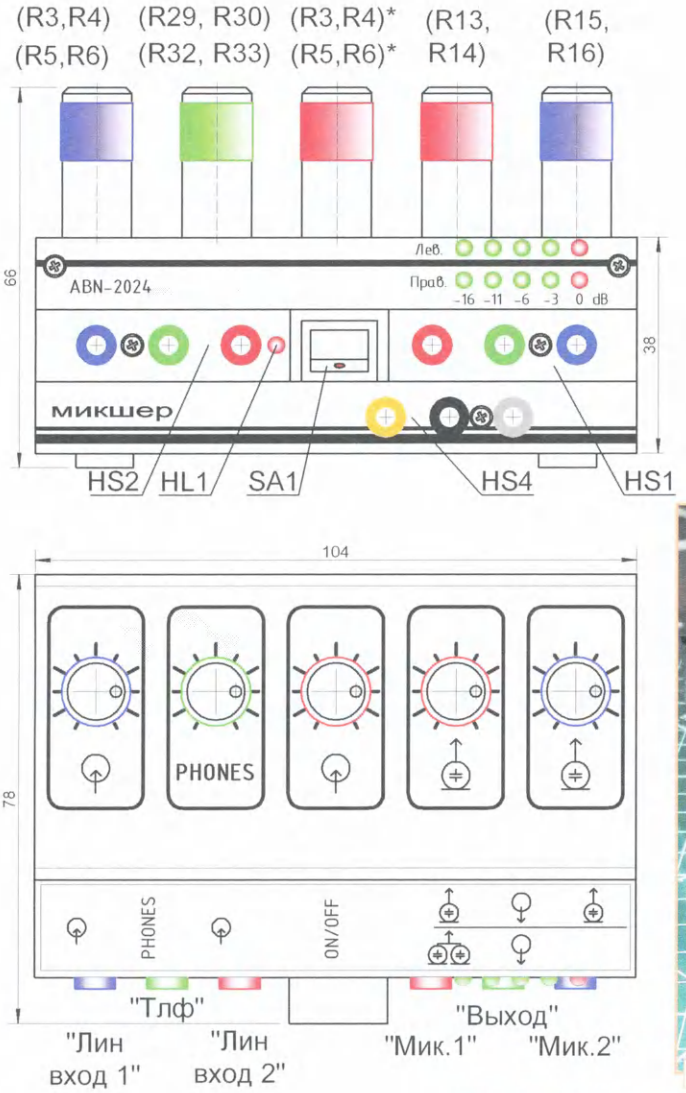


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



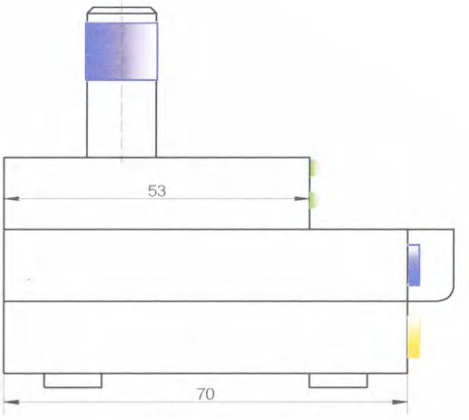


Рис. 1

Рис. 3

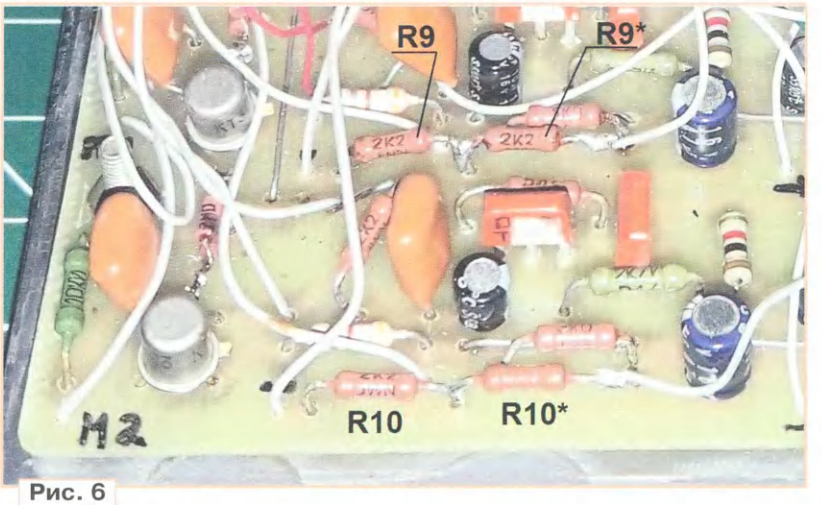


Рис. 6

реносных микрофонов, диктофона, головных телефонов и других звуковых устройств, и за время эксплуатации он претерпел некоторые дополнения и модернизацию.

Внешний вид микрофонного усилителя/микшера после доработки показан на **рис. 1**. Его схема с внесёнными изменениями представлена на **рис. 2**.

В устройство были добавлены регуляторы входов (линейных и микрофонных), что повысило удобство изменения уровней входных сигналов. Также добавлен регулятор громкости для головных телефонов: внешние шумы бывают громче, чем громкость в телефонах, а бывает наоборот — работаешь в тишине, а в телефонах грохот.

Чтобы не нарушать нумерацию деталей по сравнению с исходной схемой, было принято решение вновь устанавливаемые переменные резисторы обозначать позиционными обозначениями удаляемых резисторов в скобках:

— "Мик.1", (R13, R14) — одиночный переменный резистор 16K1-B10K,

— "Мик.2", (R15, R16) — одиночный переменный резистор 16K1-B10K,

— "Лин. вход 1", (R3, R4), (R5, R6) — сдвоенный переменный резистор 16T1-B10K,

Рис. 4

— "Тлф." — (R29, R30), (R32, R33) — сдвоенный переменный резистор 16T1-B100K.

А у вновь подключаемого дополнительного линейного входа "Лин. вход 2" (XS2.3) пришлось обозначить переменные резисторы как и у входа "Лин. вход 1" (XS2.1), только со звёздочкой:

— "Лин. вход 2", (R3, R4)*, (R5, R6)* — сдвоенный переменный резистор 16T1-B10K.

Также в микшер были добавлены:

— индикатор выходного уровня для левого и правого каналов,

— разъём XS3 служит для подключения внешнего блока питания или внешнего аккумулятора (Power bank),

— пассивный аудио стерео сплиттер для разветвления сигнала XS4.

Дополнительные переменные резисторы и плата индикатора выходного уровня сигнала устанавливаются в надстройку к основному корпусу, выполненному также из коробки от аудиокассет **рис. 3**. Надстройка немного укорочена для возможности нанесения пояснительных надписей для разъёмов.

В крышке основного корпуса было вырезано отверстие, а сверху была приклеена супер-

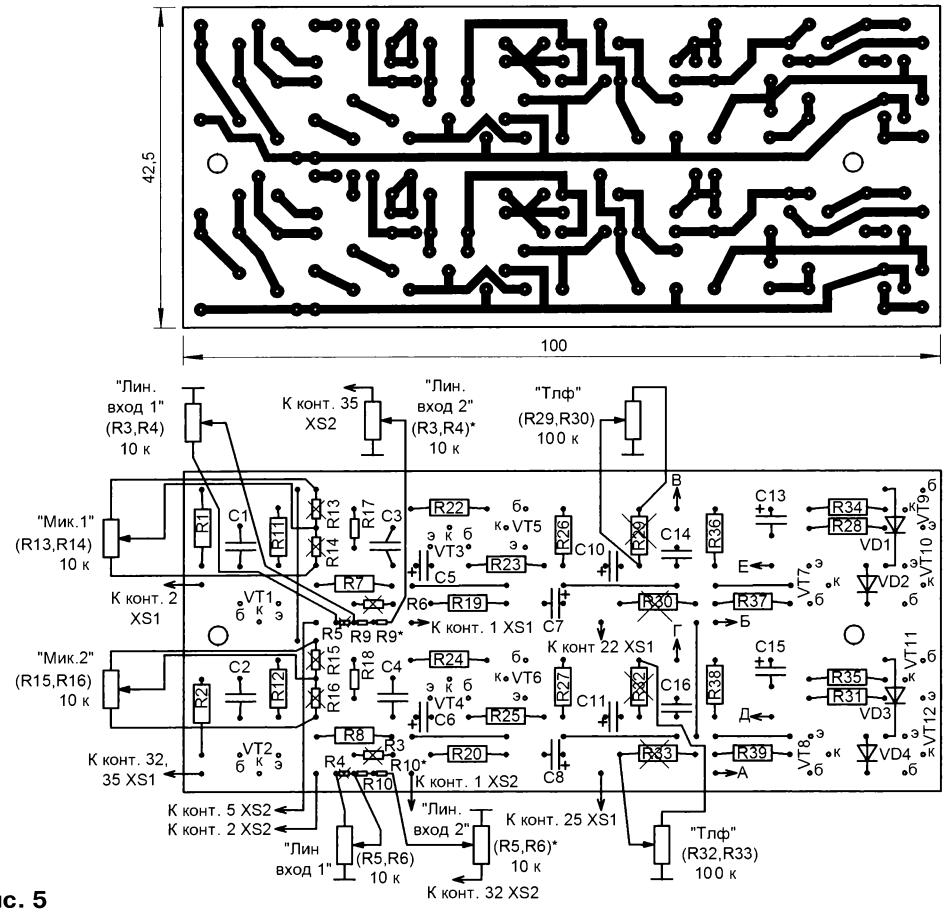


Рис. 5

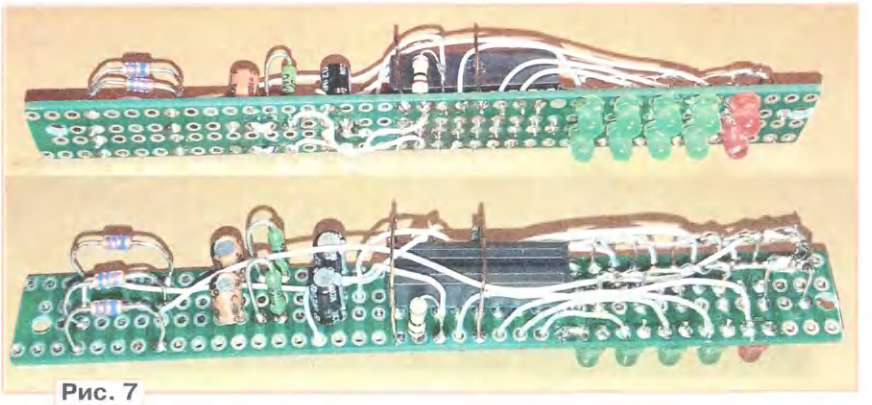


Рис. 7

Плата индикации собрана на макетной плате размерами 102×12 мм (**рис. 7**). Соединения выполнены отрезками изолированного провода. Микросхемы DA1 и DA2 включены по стандартной схеме. Диоды VD5—VD7 ограничивают напряжение на светодиодах, которые могут быть любыми с диаметром корпуса 3 мм. Плату прикрепляют к панели винтами-саморезами.

Разъём для подключения внешнего блока питания (сетевого блока питания или портативного внешнего аккумулятора Power Bank) был установлен, поскольку элементов CR2032

Рис. 8

клеем надстройка. Для экранирования внутренние стенки корпуса обклеены алюминиевым скотчем, который соединён с общим проводом.

В этой надстройке установлены переменные резисторы (**рис. 4**) и индикатор уровня для визуального контроля параметров аудио сигнала, в частности, уровня выходной громкости, наличие перегрузок и динамический диапазон сигнала. Также индикаторы могут сигнализировать о неисправностях или необходимости корректировки настроек (самовозбуждение), что помогает предотвратить повреждение микшера.

При переделке устройства были использованы те же платы, что и в указанной выше статье. Чертёж печатной платы, а также размещение деталей и места, где на печатной плате удалены постоянные резисторы и вместо них подключены переменные, показаны на **рис. 5**.

Дополнительные резисторы для входа "Лин. вход 2" R9* и R10* подпаивают к выводам установленных на плату резисторов R9 и R10 в соответствии с **рис. 6**.

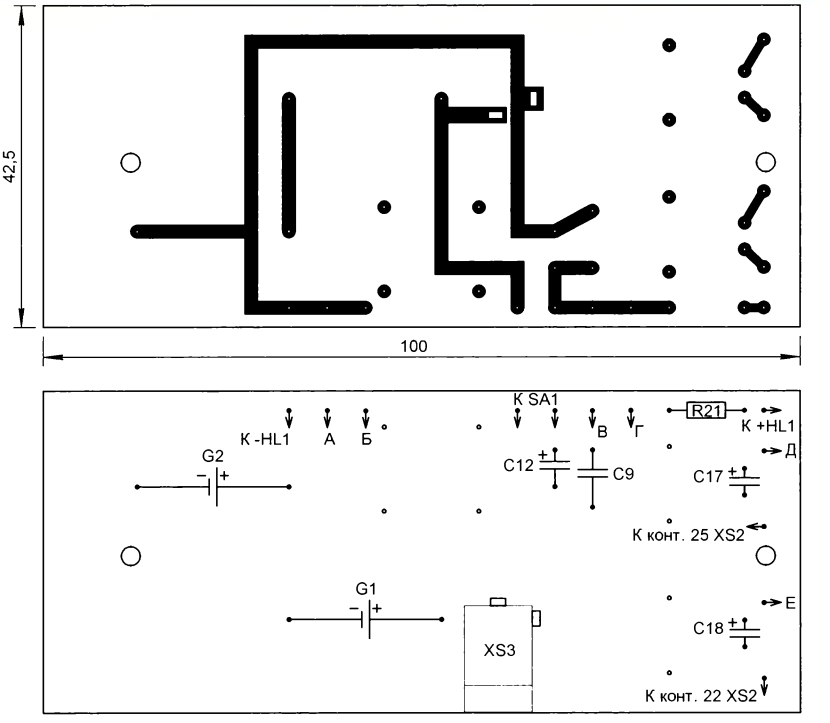


Рис. 9

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

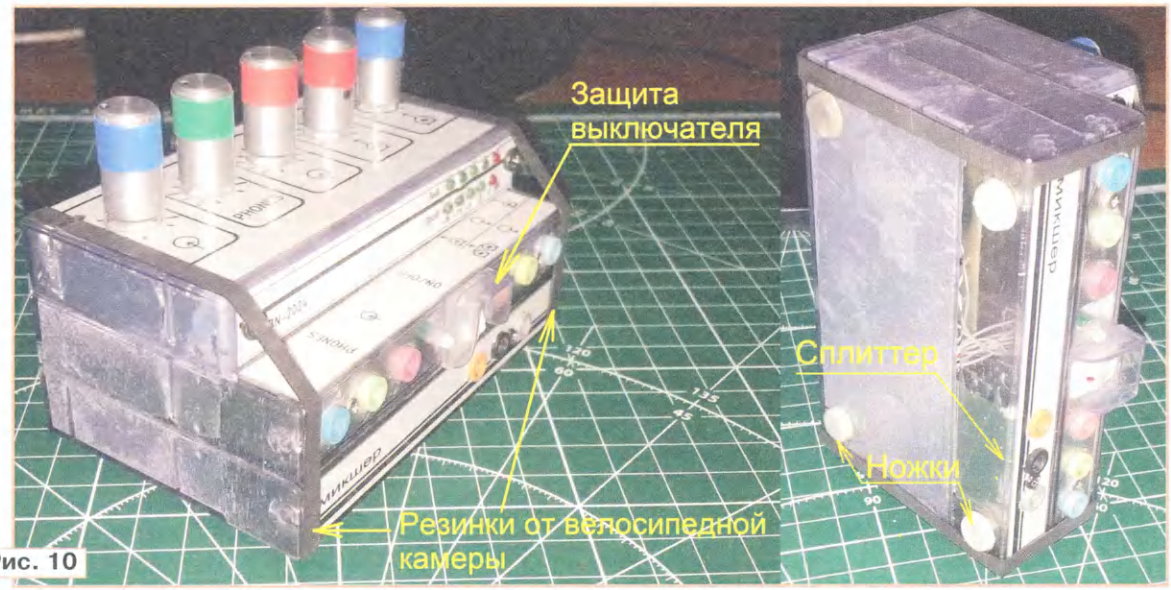


Рис. 10

Рис. 11

хватало максимум на 3...4 ч использования микшера. Гнездо питания 5,5×2,1 мм — DS-210B (**рис. 8**). Для его установки на плате были сделаны соответствующие отверстия, после чего разъём был припаян к существующим дорожкам. Для тех, кто решил впервые собрать такой микшер, лучше выполнить плату питания микшера по **рис. 9**, где уже есть площадки для разъёма XS3.

Также следует помнить, что перед подключением внешнего блока питания необходимо вынуть элементы питания из устройства.

Устройство уверенно работает при входном напряжении от 6 до 9 В, потребляемый ток — не более 200 мА.

Пассивный сплиттер (XS4), он же делитель сигнала, нужен для разделения одного входного сигнала на несколько выходов. Поскольку в нашем случае схематично сплиттер просто объединяет входные разъёмы, то при его использовании нужно учитывать взаимное влияние устройств, которые будут подключаться через него. Его устанавливают в "батарейном" отсеке микшера и прикрепляют к корпусу винтом-саморезом.

Аудиоразъёмы XS1, XS2 и XS4 — PJC1-RBGP-13, их можно взять со старой материнской компьютерной платы. Не у всех разъёмов спереди есть крепёжное отверстие. Его можно сделать самостоятельно, аккуратно просверлив спереди корпус (между входами) сверлом диаметром 1,7 мм на глубину 6 мм.

Снизу корпуса установлены резиновые ножки, и весь корпус скреплён резиновыми кольцами, вырезанными из велосипедной камеры.

Защитный барьер от случайного включения выполнен из того же пластика, что и коробки от аудиокассет, и приклеен суперклеем вокруг выключателя питания (**рис. 10**). Этот барьер предохраняет микшер при переноске его в сумке, где есть вероятность, что он коснётся выключателем стенок сумки и включится, в результате элементы питания

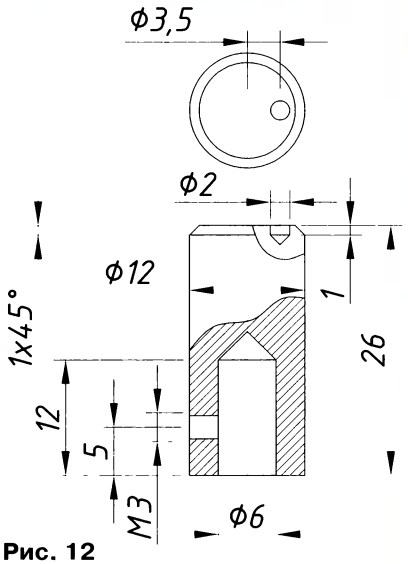


Рис. 12

станут бесконтрольно разряжаться и терять свою ёмкость.

С целью облегчения раскрытия корпуса для осмотра и ремонта нужно немного скруглить прямые углы крышек коробок (**рис. 11**).

Ручки для переменных резисторов вытачивают на токарном станке из прутка дюралюминия диаметром 12 мм (**рис. 12**).

Сверху ручки углубление заполняют с помощью зубочистки чёрным лаком для ногтей. На ручку надевают цветное кольцо из термоусаживаемой трубки, соответствующее цвету корпуса разъёмов XS1 и XS2. После чего ручку надевают на жало паяльника и прогревают, тем самым закрепляя термоусаживаемую трубку. Ручку на переменном резисторе закрепляют с помощью винта с внутренним шестигранником M3×3 DIN 914.

Масса микшера — 260 г.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Доработка ЗУ для Li-Ion аккумуляторов

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В Интернете можно приобрести различные зарядные устройства (ЗУ) для Li-Ion и Li-Mh аккумуляторов, которые подключаются к источникам питания напряжением 5 В с выходным USB-разъёмом. Разброс цен этих ЗУ, хотя и относительно большой, но большинство из них низкой и средней ценовых категорий собрано на широко распространённых специализированных микросхемах. Поэтому выбрать по картинкам из Интернета недорогое и без недостатков ЗУ не так уж и просто. О доработке такого недорогого ЗУ TG-188 и пойдёт речь в статье. Его можно приобрести в Интернете [1] вместе с комплектом Li-Ion аккумуляторов типоразмера AAA.

Особенностью этого ЗУ (**рис. 1**) является наличие красного свечения, по её окончании — синий. Поскольку светодиоды размещены на расстоянии около 18 мм от вставки, такая индикация не очень заметна, особенно при большом внешнем освещении.

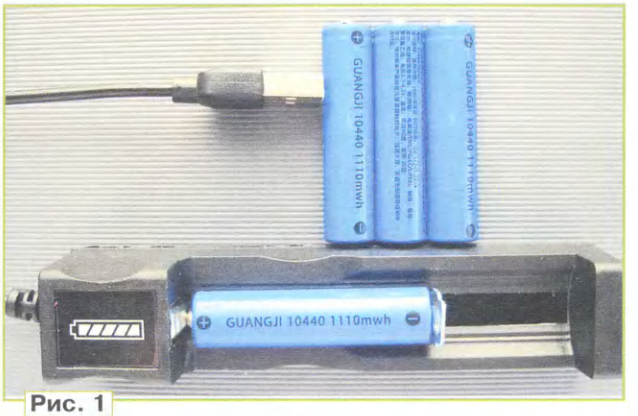


Рис. 1

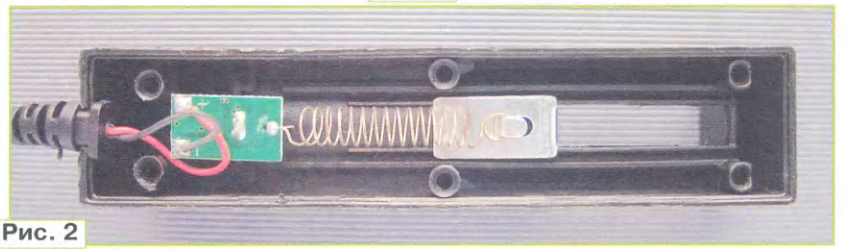


Рис. 2

Устранить отмеченные недостатки несложно. На **рис. 3** показана схема ЗУ и дополнительные элементы, которые выделены цветом. Нумерация — комбинированная, поскольку только часть элементов на плате имеет позиционные обозначения. ЗУ собрано на основе микросхемы серии LP4054 [2]. Судя по сопротивлению токозадающего резистора R8 максимальный зарядный ток — 500 мА, хотя на корпусе указан выходной ток 1 А. При зарядке вывод 1 микросхемы соединяется (через канал встроенного полевого транзистора) с общим проводом, поэтому включён светодиод LED2 красного свечения, поскольку он имеет меньшее номинальное напряжение. По окончании зарядки встроенный полевой транзистор закрывается, светодиод LED2 гаснет и включается светодиод LED1 синего свечения. Резистор R9 — токоограничивающий.

Для доработки ЗУ сначала параллельно пружине устанавливают проволочную перемычку, которую припаивают к плате и подвижному контакту (**рис. 4**). Предварительно пружину снимают с подвижного контакта и подвижного контакта, что позволяет заряжать аккумуляторы нескольких типоразмеров. Конечно, ничего удивительного нет в том, что из-за своей простоты оно имеет определённые недостатки. Одним из них является соединение подвижного контакта с печатной платой ЗУ, оно выполнено с помощью стальной пружины, которая цепляется за выступ подвижного контакта (**рис. 2**). Из-за этого сопротивление такого соединения может быть существенным и влиять на процесс зарядки аккумулятора. Например, измеренное сопротивление такого соединения было около 0,5 Ом.

Ещё один недостаток — не очень заметный индикатор зарядки. Он выполнен в виде стилизованного изображения аккумулятора на прозрачной вставке и подсвечивается светодиодами, размещёнными на плате ЗУ. При зарядке включён светодиод

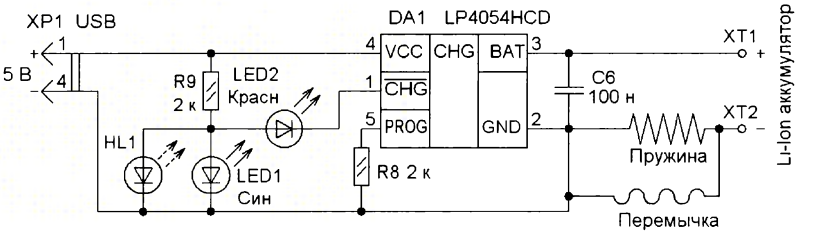


Рис. 3

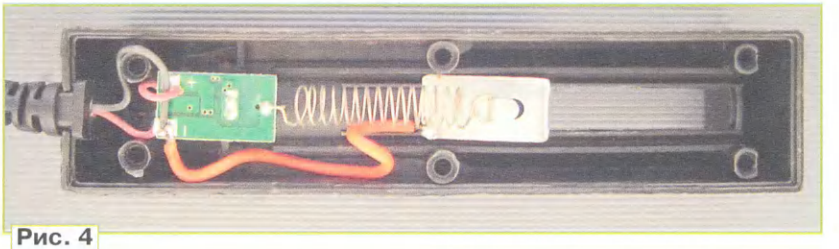


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

вынимают его из корпуса ЗУ, чтобы при пайке корпус не расплавился. Перемычку делают в виде змейки из мягкого монтажного провода в изоляции. Длины перемычки должно хватать с запасом при перемещении подвижного контакта.

Для улучшения наглядности индикации параллельно светодиоду LED1 был установлен мигающий светодиод в корпусе диаметром 3 мм. Его удобно разместить на боковой стенке корпуса ЗУ (**рис. 5**) и соединить тонкими изолированными проводами с платой ЗУ. По окончании зарядки сигнал такого светодиода будет хорошо заметен.

Немного о выборе цвета мигающего светодиода. Если, например, применить светодиод красного свечения, напряжения на включённом светодиоде LED2 может быть достаточно для его работы, и он будет мигать и во время зарядки. Если применить светодиод синего свечения, он может не заработать при включённом светодиоде LED1 из-за недостаточного напряжения. Поэтому был применён светодиод зелёного свечения, который не работает во время зарядки и включается по её окончании. Может подойти светодиод жёлтого свечения или многоцветный (без красного свечения, синий может не включаться). Взамен мигающего светодиода можно установить светодиод постоянного свечения, но его сигнал менее заметен. Выбор его цвета свечения аналогичен.

Рис. 5

ЛИТЕРАТУРА

1. Аккумуляторная батарейка 10440, AAA, 3,7 В, 350 мАч, 1 аккумулятор и 1 зарядное устройство. — URL: https://clck.ru/3NsyEe (27.08.25).

2. LP4054. 500mA Standalone Linear Li-Ion Battery Charger. — URL: **https://clck.ru/3NsyKF** (27.08.25).

Регулируемый лабораторный БП 0...30 В, 0...2 А

А. ВИШНЕВСКИЙ, г. Луганск, ЛНР

В радиолюбительских журналах предлагаются различные схемы лабораторных блоков питания (ЛБП), работающих по разным принципам. Есть современные импульсные источники питания со стабилизацией выходного напряжения широтно-импульсным (ШИ) способом. Есть описания источников питания с линейным способом стабилизации напряжения. У каждого из них есть свои достоинства и недостатки. У ШИ-способа стабилизации основное достоинство — низкие потери на регулирующих элементах, поэтому размер и масса у этих источников меньше. Достоинством линейного способа стабилизации являются низкие пульсации и низкий шум выходного напряжения, но размеры и масса у них больше из-за потерь в виде тепла, выделяемого на теплоотводах регулирующих элементов. Существуют источники питания, объединяющие эти два способа стабилизации напряжения, такая схема сочетает в себе основные достоинства обоих способов стабилизации. В журнале "Радио" мной найдено несколько описаний таких ЛБП [1—3]. Ранее промышленность выпускала серии ЛБП с двойной стабилизацией напряжения, выпускает и сейчас, например Б5-71.

Структурная схема регулируемого ЛБП с двумя ступенями стабилизации напряжения показана на **рис. 1**. С выхода сетевого импульсного источника питания постоянное напряжение поступает на ШИ-регулятор, который выполнен на ключевом транзисторе VT1, диоде VD1, дросселе L1, конденсаторе C1 и понижает напряжение до промежуточного $U_{пр}$, а затем стабилизацию выходного напряжения $U_{вых}$ осуществляет транзистор линейного регулятора напряжения VT2, управляемый узлом регулирования. Усилитель DA1, подключённый своими входами к коллектору и эмиттеру транзистора VT2, через узел управления транзистором VT1 ШИ-регулятора устанавливает $U_{пр}$ таким, чтобы падение напряжения на транзисторе VT2 было минимально возможным для его нормальной работы. Тепловые потери на этом транзисторе невелики. Большая часть напряжения с выхода сетевого источника питания, а оно может быть довольно большим, падает на элементах ШИ-регулятора.

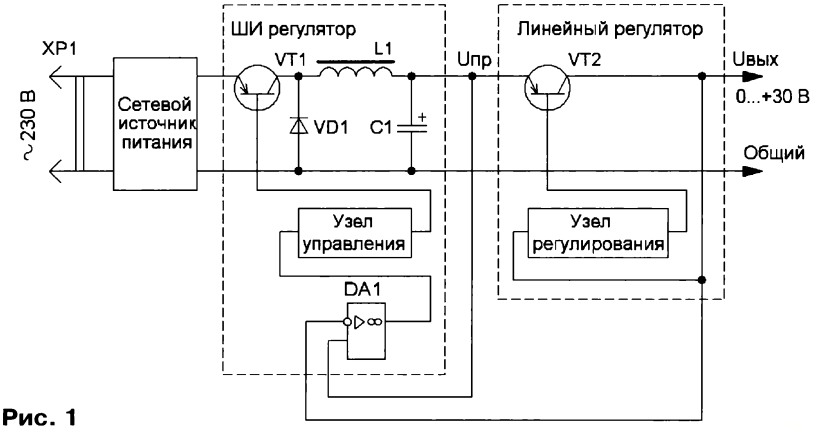


Рис. 1

Регулируемый ЛБП с ШИ-регулятором и линейным стабилизатором напряжения имеет следующие **характеристики**:

— Регулируемое выходное напряжение, В, — 0...30;

— Пороги ограничения тока нагрузки, А, — 0,005, 0,01, 0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1; 2;

— Звуковая и световая сигнализации при срабатывании защиты по току;

— Режим отключения выходного напряжения при превышении током нагрузки порогового значения (триггерная защита);

— Включение/выключение выходного напряжения одной кнопкой на передней панели без отключения самого ЛБП от сети;

— Включение/выключение выходного напряжения с помощью внешней ножной педали.

нии положения проводов осциллографа и выходных проводов ЛБП. Вероятной причиной может быть отсутствие экранировки плат.

Схема регулируемого ЛБП показана на **рис. 2**. Он собран на трёх основных модулях (платах), а также элементах, не установленных на них. Модуль А1 — сетевой импульсный источник питания. Он формирует нестабилизированное напряжение 35 В. Также формируется стабилизированное двухполярное напряжение ±12 В и образцовое напряжение 2,5 В, которое подаётся на переменный резистор R1, которым регулируют выходное напряжение от 0 до 30 В. Образцовое напряжение поступает и на переключатель SA1, которым устанавливают порог ограничения (триггерная защита). На схеме показано положение выключателя, при котором происходит ограничение выходного тока со снижением выходного напряжения. В замкнутом состоянии контактов этого переключателя включена триггерная защита, и выходное напряжение отключается, как только ток нагрузки превысит установленный порог. При срабатывании токовой защиты светодиод HL1 светит с пониженной яркостью, а динамическая головка BA1 подаёт звуковой тональный сигнал.

На плате модуля А2 установлена микросхема ШИ-регулятора, дифференциальный усилитель на ОУ и один из двух транзисторов линейного стабилизатора напряжения. Подключённый вне платы мощный транзистор VT1

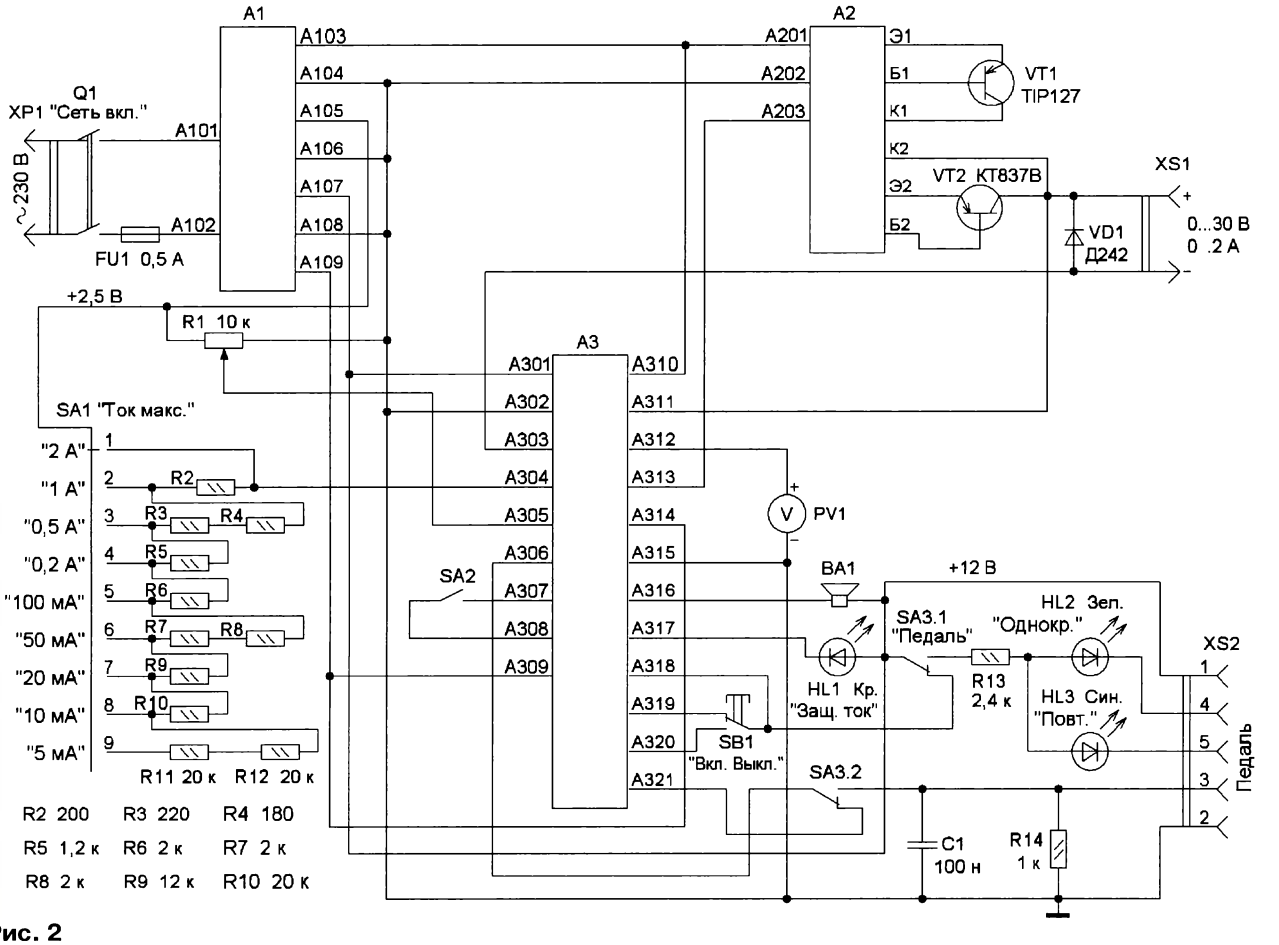


Рис. 2

Пульсации выходного напряжения с частотой 100 Гц с помощью осциллографа С1-94 измерить достоверно не удалось, так как они малы. При отсутствии нагрузки и при выходном напряжении 20 В и токе 0,9 А на выходе появляется широкополосный шум размахом несколько десятков милливольт. Этот шум меняется по амплитуде при изменении тока нагрузки. Смонтированные на нём резисторы R2—R12 совместно с резистором, установленным на плате А3, образуют делитель образцового напряжения.

Выключателем SA2 устанавливают режимы работы ЛБП либо ограничение (стабилизация) тока нагрузки или отключение выходного напряжения (триггерная является ключевым транзистором ШИ-регулятора, а транзистор VT2 — мощным транзистором линейного стабилизатора.

На плате модуля А3 установлены элементы, с помощью которых происходит регулирование выходного напряжения и выходного тока, элементы, включающие и выключающие выходное напряжение и генерирующие

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

звуковой сигнал. При включении в сеть ЛБП выключателем Q1 светодиод HL1 светит ярко, но напряжение на выходе не появляется. Переключателем SA3 выбирают режим управления ЛБП, или с помощью кнопки SB1, или ножной педали, подключённой к гнезду XS2. Положение на схеме переключателя SA3 соответствует управлению от кнопки. Нажимая на эту кнопку, подают напряжение на выход ЛБП. После повторного нажатия на неё выходное напряжение отключается. Если сработает триггерная защита по току, нужно нажать на кнопку SB1 и сбросить триггер токовой защиты — светодиод HL1 загорится ярче и звуковая сигнализация отключится. Снова нажимая на кнопку, подают напряжение на нагрузку. Контрольный вольтметр PV1 показывает выходное напряжение источника на разъёме XS1, к которому подключён штекер с разноцветными зажимами "крокодил" на концах проводов.

В другом положении переключателя SA3 включение и выключение источника осуществляется ножной управляющей педалью, её схема и конструкция приведена в [4]. Когда включено управление педалью, загорается один из светодиодов HL2 "Однократно" зелёного свечения или HL3 "Повторно" синего свечения. Если включён светодиод HL2, напряжение на нагрузку поступает при постоянном нажатии на педаль ногой. Когда ногу убирают с педали, напряжение отключается. Если включён светодиод HL3, при кратковременном нажатии на педаль напряжение на нагрузку поступает, а чтобы его выключить, нужно ещё раз нажать на педаль. Горящий светодиод мигает, если напряжение поступает на нагрузку. Выбор между однократным или повторным нажатием производится переключателем в педали.

Схема сетевого импульсного источника питания A1 показана на **рис. 3** (конденсатор C6 отсутствует). Он собран по схеме полумостового высокочастотного преобразователя с внешним возбуждением. Основой преобразователя является микросхема DA4 — контроллер электронного трансформатора для галогенных ламп накаливания IR2161 [5]. В этом контроллере есть всё необходимое для построения на нём простого импульсного источника питания без стабилизации выходного напряжения. В Интернете есть много описаний конструкций импульсных источников питания на его основе, например в [6].

Сетевое напряжение 230 В поступает на контакты A101, A102 модуля A1. После фильтра высокочастотных помех на конденсаторах C1, C2 и дросселе L1 оно выпрямляется мостовым выпрямителем на диодах VD1—VD4. Пульсации выпрямленного постоянного напряжения сглаживаются конденсаторами C3, C5, которые включены последовательно и создают делитель

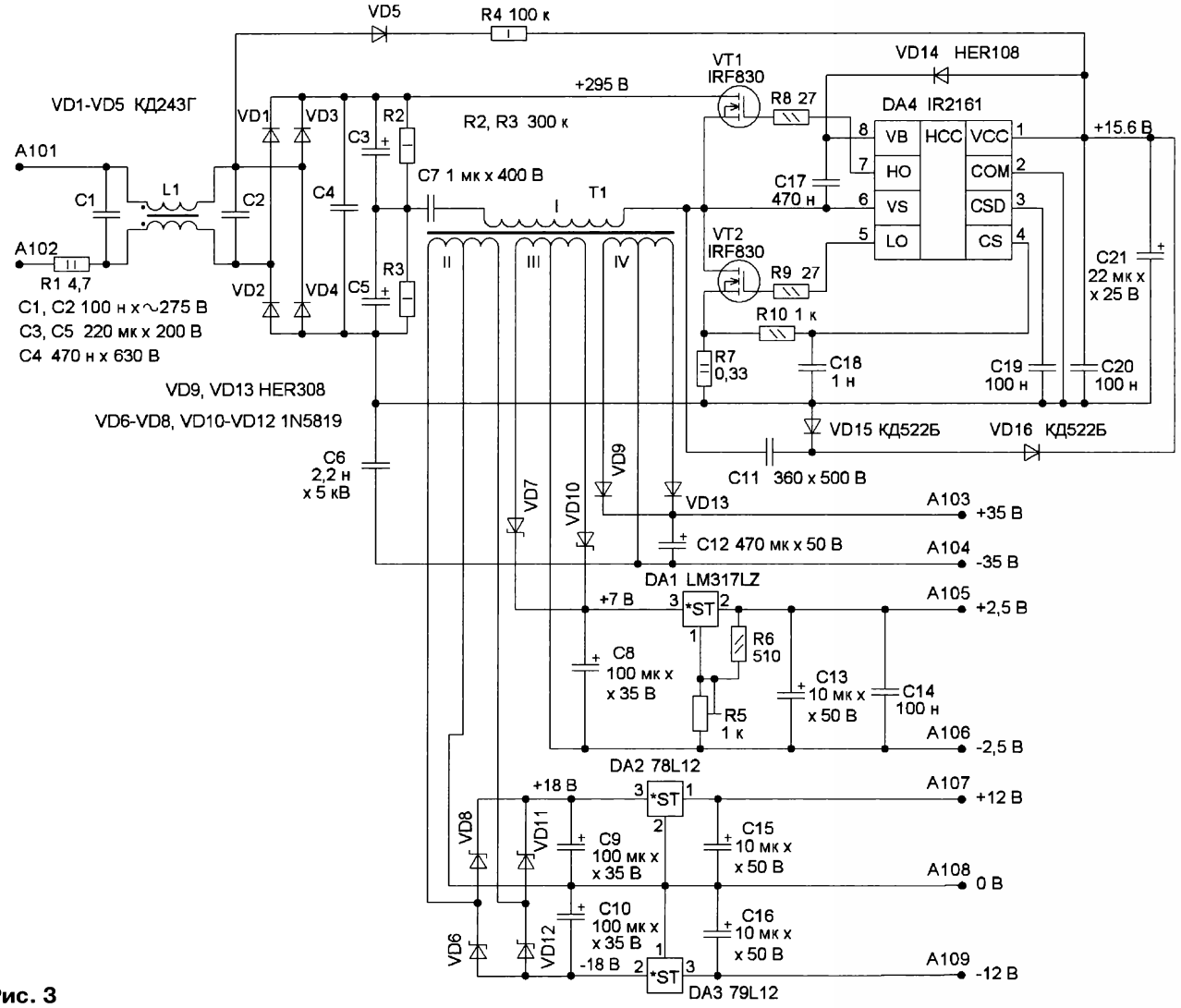


Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

напряжения для высокочастотного тока преобразователя. Резистор R1 ограничивает ток зарядки конденсаторов в момент включения в сеть, резисторы R2, R3 распределяют постоянное напряжение поровну между конденсаторами C3 и C5. Цепь из диода VD5 и резистора R4 обеспечивает запуск контроллера DA4, после чего он получает питание с выпрямителя на диодах VD15, VD16 и конденсаторах C11, C21. Частота преобразователя — около 35 кГц. Схема включения микросхемы IR2161 и выбор её элементов во многом совпадают со стандартной, предложенной в [5].

ходного напряжения и порогов тока ограничения. Нестабилизированное постоянное напряжение 35 В снимается с контактов A103, A104 и получено выпрямлением переменного напряжения обмотки IV диодами VD9, VD13 и сглаживанием конденсатором C12.

Схема модуля A2 (ШИ-регулятор и элементы линейного стабилизатора напряжения) показана на **рис. 4**, она в основном повторяет конструкцию [1]. На контакты A201, A202 поступает постоянное напряжение около 35 В. От него питается микросхема DA1 ШИ-регулятора MC34063ADI и операционный усилитель DA2

Мощный транзистор подключён к контактам Б2 (база), Э2 (эмиттер) и К2 (коллектор). Ток базы транзистора VT3 задаёт генератор тока на транзисторах VT1, VT2 и резисторах R4, R6. К базе транзистора VT3 (контакт A203), подключены коллекторы управляющих транзисторов выходного стабилизатора напряжения, которые установлены на плате модуля A3. Транзистор VT3 вместе с мощным транзистором включён по составной схеме так, что они являются эмиттерным повторителем для напряжения на базе VT3. После усиления по току это напряжение появляется на резисторе R13 — это и есть

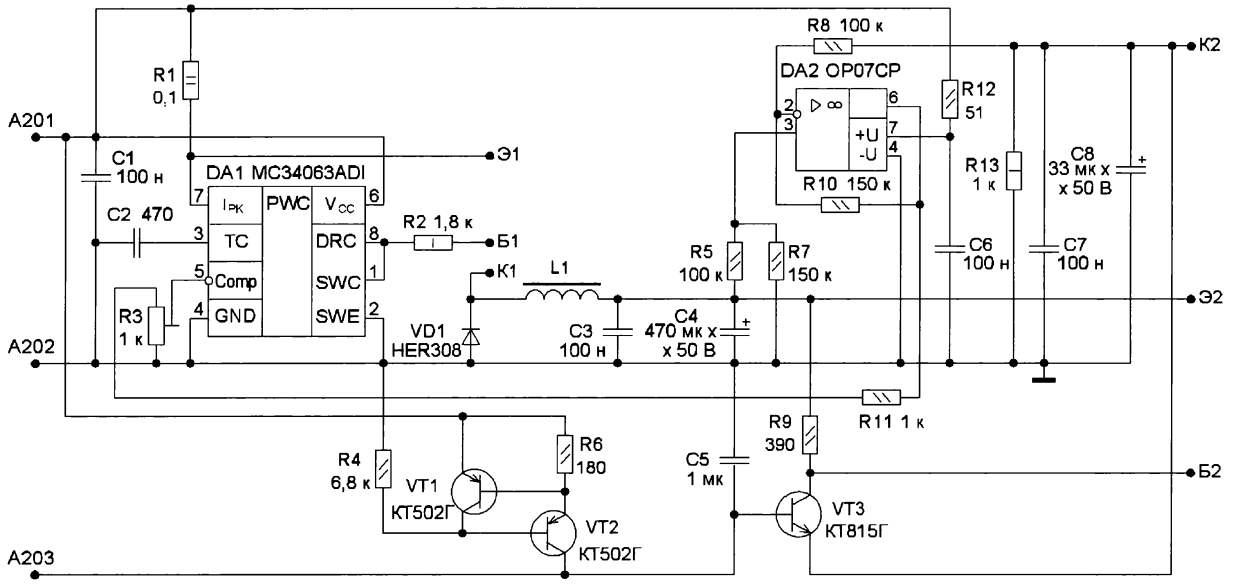


Рис. 4

С обмотки II трансформатора T1 напряжение выпрямляется диодами VD6, VD8, VD11, VD12 и преобразуется в двухполярное, каждое из которых стабилизируется соответствующими микросхемами DA2 и DA3 на уровне 12 В. Конденсаторы C9, C10, C15, C16 сглаживают пульсации. Эти напряжения поступают на контакты A107—A109 и предназначены для питания узла регулирования и управления в модуле A3. Напряжение с обмотки III трансформатора T1 выпрямляется диодами VD7, VD10, сглаживается конденсатором C8, стабилизируется микросхемой DA1 на уровне 2,5 В, которое поступает на контакты A105, A106. Конденсаторы C13, C14 повышают устойчивость микросхемы DA1 к самовозбуждению. Стабильное напряжение 2,5 В служит образцовым для узла стабилизации напряжения и тока в модуле A3. Оно регулируется подстроечным резистором R5, от его стабильности зависит стабильность вы-

OP07CP, следящий за падением напряжения на выходном транзисторе линейного стабилизатора. Микросхема MC34063ADI включена по схеме понижающего DC-DC преобразователя, для увеличения мощности использован внешний мощный ключевой транзистор VT1 (см. рис. 2), который подключают к контактам Б1 (база), Э1 (эмиттер) и К1 (коллектор). Он установлен вне платы на теплоотводе. Справочные данные о микросхеме MC34063 можно найти в Интернете [7], она широко распространена и имеет российский аналог. Схемотехника ШИ-преобразователей и расчёт их элементов на российском аналоге — микросхеме К Р1156УЕ5 опубликованы в журнале "Радио" [8].

На конденсаторах C3, C4 устанавливается промежуточное напряжение $U_{пр}$, которое подаётся на выходные элементы линейного регулятора напряжения (транзистор VT3 и внешний мощный транзистор VT2) (см. рис. 2).

выходное напряжение ЛБП, регулируемое от 0 до 30 В.

ОУ DA2 включён по схеме вычитающего усилителя с коэффициентом усиления 1,5, определяемым отношением сопротивлений резисторов R5 и R7, R8 и R10. Из промежуточного напряжения $U_{пр}$, которое присутствует на конденсаторах C3, C4, он вычитает выходное напряжение на резисторе R13. Разностное напряжение с выхода ОУ (вывод 6) подступает на вход (вывод 5) микросхемы ШИ-регулятора DA1. Оно проходит через резисторы делителя R11, R3, которые понижают напряжение с выхода ОУ до номинального входного напряжения микросхемы ШИ-регулятора. Микросхема DA1 поддерживает напряжение $U_{пр}$ больше, чем выходное на резисторе R13, на определённое значение во всём интервале регулирования выходного напряжения ЛБП. Подстроечным резистором R3 устанавливают желаемую разницу этих напряжений, которая и

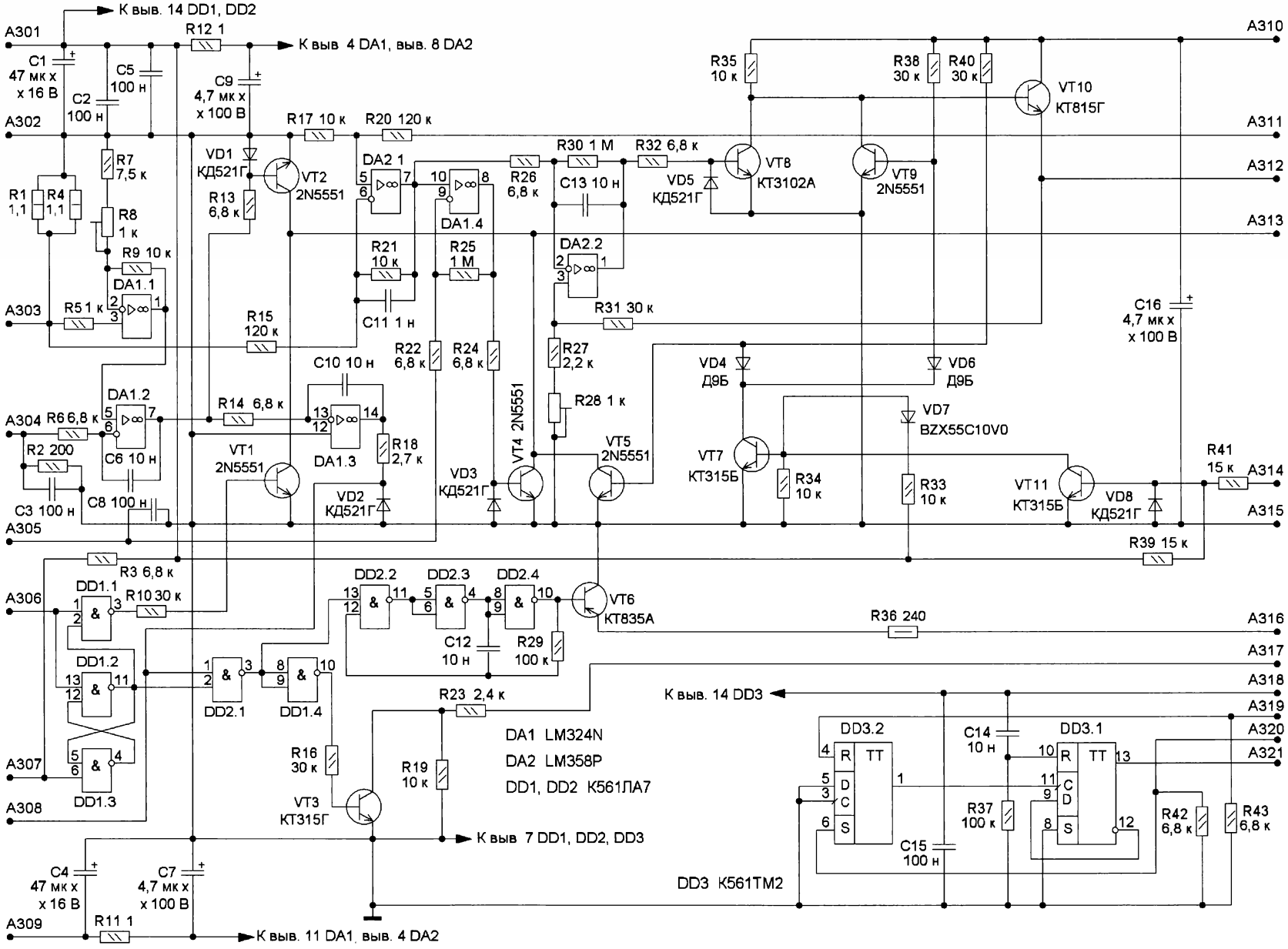

К выв. 14 DD1, DD2
К выв 4 DA1, выв. 8 DA2
A301
A302
A303
A304
A305
A306
A307
A308
A309
A310
A311
A312
A313
A314
A315
A316
A317
A318
A319
A320
A321
C1 47 мк х 16 В
C2 100 н
C3 100 н
C4 47 мк х 16 В
C5 100 н
C6 10 н
C7 4,7 мк х 100 В
C8 100 н
C9 4,7 мк х 100 В
C10 10 н
C11 1 н
C12 10 н
C13 10 н
C14 10 н
C15 100 н
C16 4,7 мк х 100 В
R1 1,1
R2 200
R3 6,8 к
R4 1,1
R5 1 к
R6 6,8 к
R7 7,5 к
R8 1 к
R9 10 к
R10 30 к
R11 1
R12 1
R13 6,8 к
R14 6,8 к
R15 120 к
R16 30 к
R17 10 к
R18 2,7 к
R19 10 к
R20 120 к
R21 10 к
R22 6,8 к
R23 2,4 к
R24 6,8 к
R25 1 М
R26 6,8 к
R27 2,2 к
R28 1 к
R29 100 к
R30 1 М
R31 30 к
R32 6,8 к
R33 10 к
R34 10 к
R35 10 к
R36 240
R37 100 к
R38 30 к
R39 15 к
R40 30 к
R41 15 к
R42 6,8 к
R43 6,8 к
VD1 КД521Г
VD2 КД521Г
VD3 КД521Г
VD4 Д9Б
VD5 КД521Г
VD6 Д9Б
VD7 BZX55C10V0
VD8 КД521Г
VT1 2N5551
VT2 2N5551
VT3 КТ315Г
VT4 2N5551
VT5 2N5551
VT6 КТ835А
VT7 КТ315Б
VT8 КТ3102А
VT9 2N5551
VT10 КТ815Г
VT11 КТ315Б
DA1.1
DA1.2
DA1.3
DA1.4
DA2.1
DA2.2
DD1.1
DD1.2
DD1.3
DD1.4
DD2.1
DD2.2
DD2.3
DD2.4
DD3.1
DD3.2
DA1 LM324N
DA2 LM358P
DD1, DD2 К561ЛА7
DD3 К561ТМ2
К выв. 14 DD3
К выв 7 DD1, DD2, DD3
К выв. 11 DA1, выв. 4 DA2

Рис. 5

будет падением напряжения на регулирующем элементе линейного стабилизатора напряжения.

Схема модуля регулирования и управления A3 показана на **рис. 5**. Она основана на схеме из [9]. На плате модуля установлены две микросхемы ОУ и три цифровых микросхемы. На ОУ собраны регуляторы напряжения, компараторы, дифференциальные и масштабирующие усилители. В корпусе микросхемы DA1 находится четыре ОУ, а в корпусе микросхемы DA2 — два ОУ. ОУ DA1.4 и транзистор VT4 регулируют выходное напряжение ЛБП. Коллектор этого транзистора подключён к базе транзистора VT3 (см. рис. 4). На контакт A305 поступает образцовое напряжение с движка переменного резистора R1 (см. рис. 2) и через резистор R22 поступает на инвертирующий вход (вывод 9) ОУ DA1.4. На неинвертирующий вход (вывод 10) этого же ОУ с выхода масштабирующего ОУ DA2.1 (вывод 7) подаётся выходное напряжение ЛБП, оно поступает на контакт A311. Коэффициент передачи ОУ DA2.1 равен 1:12 (0,083), который определяется отношением сопротивлений резисторов R17, R20 и R21, R15. При выходном напряжении источника 30 В на выходе ОУ DA2.1 будет напряжение 2,5 В. После сравнения напряжений на выходе ОУ DA1.4 (вывод 8) появляется напряжение, изменяющее проводимость управляющего транзистора VT4. С уменьшением проводимости напряжение на выходе ЛБП увеличивается от 0 до 30 В. Диод VD3 и резистор R24 защищают переход база-эмиттер транзистора VT4 от минусового напряжения, которое появляется, когда на контакте A305 не будет напряжения и узел управления выключает выходное напряжение.

На модуль A3 подаётся двухполярное напряжение, +12 В — на контакт A301, –12 В — на контакт A309. К контакту A302 подключены напряжение –35 В, средний вывод двухполярного источника напряжения и –2,5 В. Этот вывод является общим проводом в ЛБП. Минусовой вывод выходного разъёма ЛБП подключён к контакту A303. Ток нагрузки протекает через датчик тока, состоящий из параллельно соединённых резисторов R1 и R4. Напряжение с датчика тока поступает на масштабирующий усилитель на ОУ DA1.1. Коэффициент его усиления устанавливают подстроечным резистором R8. ОУ DA1.2 сравнивает усиленное напряжение с образцовым напряжением на резисторе R2, которое формируется делением напряжения 2,5 В с помощью включённых резисторов R2—R12 (см. рис. 2). Резистор R2 является нижним резистором делителя, он подключён к контакту 304.

Когда усиленное напряжение с датчика тока превысит образцовое, на выходе ОУ DA1.2 (вывод 7) появится плюсовое напряжение, которое открывает управляющий транзистор VT2, коллек-

Рис. 6

Рис. 7

Рис. 8

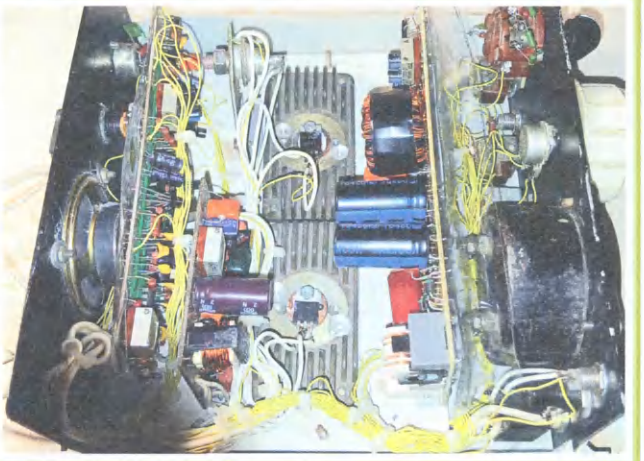


Рис. 9

тор которого подключён к базе транзистора VT3 (см. рис. 4). Открывающийся транзистор VT2 уменьшает выходное напряжение ЛБП, ограничивая ток в нагрузке. До этого момента транзистор VT2 полностью закрыт минусовым напряжением с выхода ОУ DA1.2. Диод VD1 и резистор R13 ограничивают минусовое напряжение на переходе база-эмиттер транзистора VT2.

При протекании тока нагрузки через датчик тока на нём падает напряжение, в результате выходном источника увеличивается на величину падения напряжения на датчике тока, и напряжение на выходе ЛБП будет равно ранее установленному. Разностное напряжение с выхода DA2.1 (вывод 7) поступает также на вход масштабирующего усилителя на ОУ DA2.2 и транзисторах VT8, VT10, который усиливает его, и оно поступает на контрольный вольтметр PV1 (см. рис. 2), подключённый к контактам A312, A315. Коэффициент усиления масштабирующего усилителя рак сети на верхнем по схеме входе (вывод 1) элемента DD1.1 напряжения нет, а на нижнем по схеме входе — напряжение, близкое к напряжению питания. Примем эту комбинацию как начальное состояние. В результате на выходе элемента DD1.1 (вывод 3) будет лог. 1, и транзистор VT1 открывается. Поскольку его коллектор подключён к коллекторам управляющих транзисторов VT2, VT4, он шунтирует их, снижая напряжение на выходе ЛБП практически до нуля. Затем на кон-

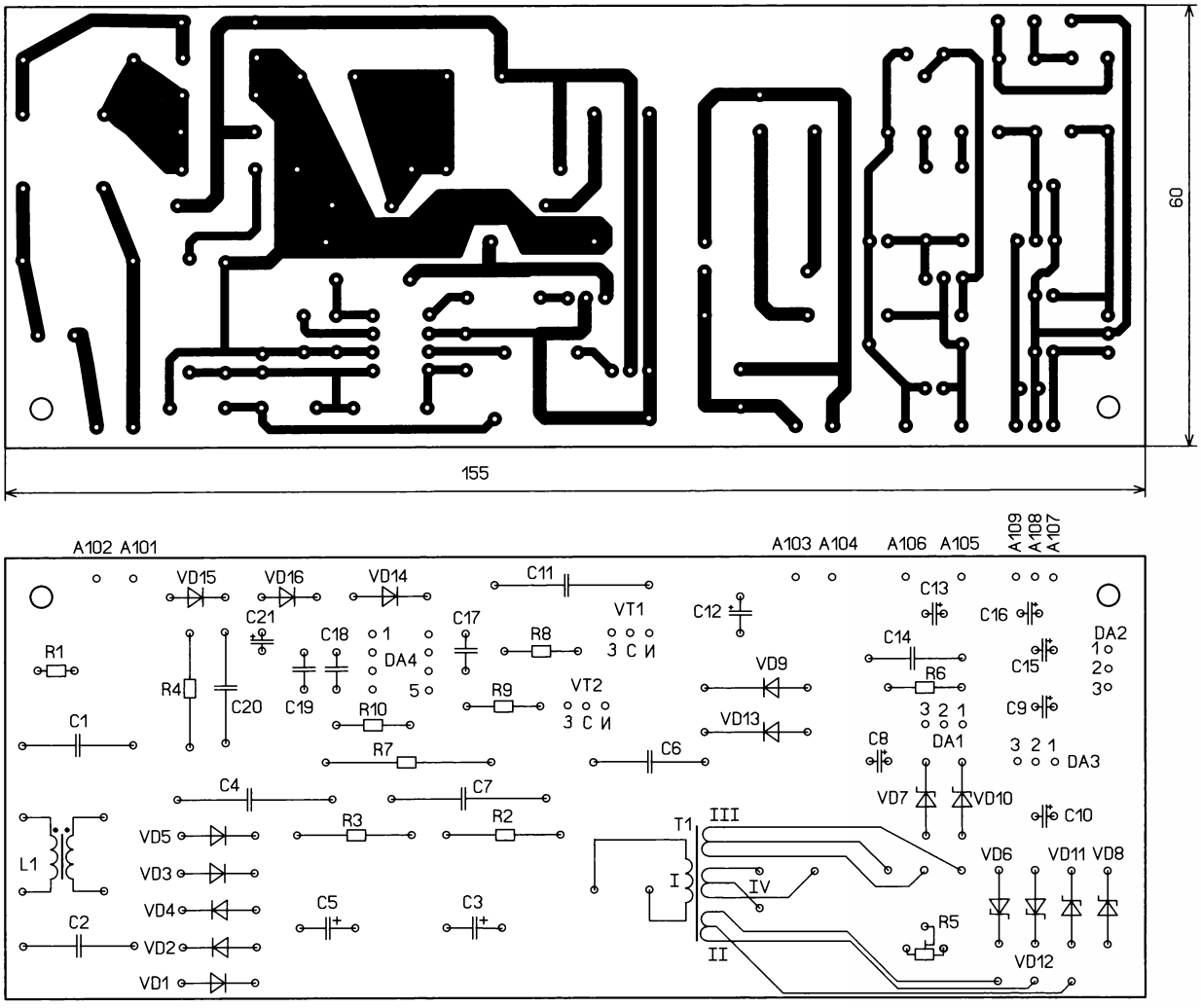


Рис. 10

ное напряжение ЛБП уменьшается. Дифференциальный (разностный) усилитель на ОУ DA2.1 служит для компенсации этого изменения. Этот ОУ вычитает напряжение, падающее на датчике тока из выходного напряжения, которое поступает на контакт A311, и разность подаётся на неинвертирующий вход (вывод 10) ОУ DA1.4. В результате напряжение между коллектором транзистора VT2 (см. рис. 2) и общим прововен 12 и устанавливается подстроечным резистором R28. Вольтметр показывает напряжение на выходе ЛБП. Транзисторы VT5, VT7, VT9, VT11 блокируют появление выходного напряжения ЛБП и напряжения на вольтметре во время переходных процессов в моменты включения и отключения сетевого питания.

Цифровые микросхемы DD1, DD2 обеспечивают управление и сигнализацию. При подключении такт A306 подаётся напряжение, включающее ЛБП. На выходе элемента DD1.1 будет лог. 0, транзистор VT1 закрывается и не влияет на выходное напряжение ЛБП, оно теперь зависит от управляющих транзисторов VT2, VT4.

Звуковой сигнал о срабатывании токовой защиты вырабатывает генератор на логических элементах DD2.2, DD2.3, которым управляет элемент DD2.1. В со-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

стоянии, когда ток нагрузки меньше установленного, на входах этого элемента лог. 1, а на выходе — лог. 0, который блокирует работу генератора. При превышении током нагрузки установленного порога на выходе компаратора на ОУ DA1.2 (вывод 7) появляется плюсовое напряжение, которое открывает транзистор VT2, и выходное напряжение ЛБП уменьшается. Одновременно переключается компаратор на ОУ DA1.3, и на выходе цепи VD2R18 будет лог. 0, который приводит к появлению на выходе элемента DD2.1 лог. 1, которая запускает генератор. Транзистор VT6 усиливает сигнальный ток, который поступает на динамическую головку BA1 (см. рис. 2).

Световая сигнализация о срабатывании защиты по току выполнена на элементе DD1.4 и транзисторе VT3. В момент, когда ток нагрузки меньше порогового значения, на выходе элемента DD2.1 будет лог. 0, а на выходе элемента DD1.4 — лог. 1, который открывает транзистор VT3, и светодиод HL1 (см. рис. 2) светит ярко, его ток ограничивает резистор R23. При срабатывании защиты по току на выходе элемента DD2.1 появляется лог. 1. Он инвертируется элементом DD1.4, и транзистор VT3 закрывается — яркость светодиода HL1 уменьшается. Сопротивление последовательно включённых резисторов R19 и R23 определяет минимальную яркость свечения этого светодиода.

На элементах DD1.2, DD1.3 собран асинхронный RS-триггер с инверсными входами, он является исполнительным элементом триггерной защиты лабораторного источника. RS-триггер отключает выходное напряжение ЛБП при превышении током нагрузки порогового значения. В исходное состояние (лог. 1 на выходе) RS-триггер устанавливает лог. 0 на выводе 13 — это начальное состояние системы управления. Для включения триггерной защиты нужно замкнуть контакты A307 и A308 выключателем SA2 (см. рис. 2). Выходное напряжение ЛБП появляется только тогда, когда на контакт A306 поступает лог. 1 (напряжение +12 В), она не блокирует переключение триггера. В момент переключения ОУ DA1.3 лог. 0 с его выхода через переключатель SA2 (см. рис. 2) поступает и на вход RS-триггера (вывод 6 DD1.3). Триггер переключится, установив лог. 0 на нижнем по схеме входе элемента DD1.1 (вывод 2). На выходе элемента DD1.1 появится лог. 1, транзистор VT1 открывается и выключает выходное напряжение ЛБП, а элемент DD2.1 включит звуковой генератор. Ток через нагрузку прекращается, компаратор DA1.3 вернётся в первоначальное состояние. Лог. 0 на контакте A306 приведёт RS-триггер в исходное состояние.

На двух триггерах микросхемы DD3 собран электронный выключатель выходного напряжения ЛБП. Триггер DD3.2 устраняет дребезг контактов кнопки SB1 (см. рис. 2). На его выходе появляется лог. 1 при каждом нажатии на кнопку. Фронтом импульса переключается D-триггер DD3.1, и на его прямом выходе (вывод 13) поочерёдно появляются лог. 1 и лог. 0, которые через переключатель SA3 (см. рис. 2) поступают на контакт A306. Лог. 1 включает, а лог. 0 выключает выходное напряжение. В момент включения питания D-триггер принудительно устанавливается цепью C14R37 в состояние, при котором на его прямом выводе устанавливается лог. 0.

Включать и выключать выходное напряжение источника возможно и педалью, подключённой к гнезду XS2 (см. рис. 2). Для этого нужно установить переключатель SA3 в другое положение, чем показано на схеме. Схема педали показана на рис. 5 в [4]. Для использования педали с ЛБП необходимо в ней сделать некоторые изменения (схема доработанного оборудования размещена на сайте журнала), которые заключаются в удалении резисторов R9, R10 и установке вместо них проволочных перемычек. Чтобы и дальше использовать педаль с оборудованием для рабочего места радиолюбителя [4], нужно добавить постоянный резистор между анодами светодиодов HL6, HL7 и контакта 10 на плате A1. Добавленный резистор на рис. 5 в [4] отмечен как R10. После длительного использования оборудования для рабочего места возникла целесообразность перенести включение автоматического выключателя SF1 (рис. 2 в [4]) с общей цепи в цепь ремонтируемого устройства, включив его перед контактами реле K2. Когда автоматиче-

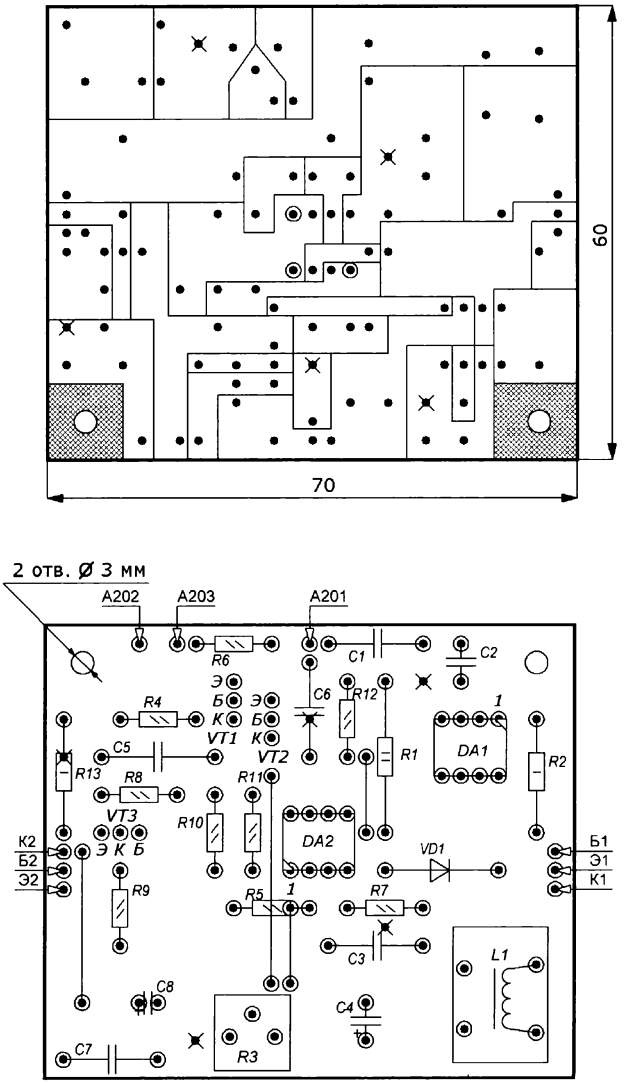


Рис. 11

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ский выключатель срабатывал при коротком замыкании в ремонтируемом устройстве, обесточивалось всё рабочее место: выключалось освещение, отключались приборы, паяльник и всё, что к нему подключено. Автоматический выключатель срабатывает быстрее, чем токовая защита в оборудовании рабочего места. После переноса включения автоматического выключателя SF1 в цепь ремонтируемого устройства, сработавший автоматический выключатель отключает только ремонтируемое устройство.

Источник питания собран в пластмассовом корпусе размерами 200×200×105 мм (**рис. 6**, **рис. 7**). В нём на общем основании на теплоотводах площадью 60 см^2 каждый, установлены силовые транзисторы, диод VD1 и три платы. Площадь теплоотводов можно незначительно уменьшить. На передней панели корпуса установлены: сетевой выключатель Q1 ТП1-2, переключатель SA1 ПМ 11П1Н, ограничитель которого установлен на девять положений, выключатель SA2 — МТ-1; переключатель SA3 — МТ-3, кнопка SB1 — КМ1-1; стрелочный вольтметр PV1 — М5-2 со шкалой до 30 В, светодиоды HL1—HL3 с диаметром корпуса 5 мм соответствующих цветов, держатель для плавкой вставки FU1 — ВПБ6-1, переменный резистор R1 — СП3-4ам. На задней панели корпуса установлены: динамическая головка BA1 диаметром 57 мм, мощностью 0,5 Вт, сопротивлением катушки 8 Ом, низковольтный разъём XS1 — 5,5×2,5 мм с креплением гайкой, гнездо XS2 — ОНЦ-ВГ-4-5/16-Р (СГ-5). Транзистор TIP127 можно заменить транзистором TIP125, TIP126. Транзистор КТ837В можно заменить транзистором этой же серии с индексами Н, Е, С или транзистором КТ818Б. Резисторы R2—R12 должны быть с допуском 1 % или подобрать их с помощью омметра. Внешний вид внутреннего монтажа ЛБП показан на **рис. 8** и **рис. 9**. Между задней панелью и ближайшей печатной платой модуля А3 установлена изоляционная прокладка. Такая же прокладка есть и между передней панелью и платой модуля А1.

Чертёж платы модуля А1 показан на **рис. 10**, она изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Диоды КД243Г можно заменить импортными 1N4007, диоды КД522Б — диодами 1N4148, транзисторы IRF830 — транзисторами IRF730, IRF740, IRF840. К каждому транзистору привинчены алюминиевые пластины размерами 27×27 мм, которые выполняют функцию теплоотвода. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-33, исключение — R1 (мощный проволочный керамический SQM) и R7 (импортный

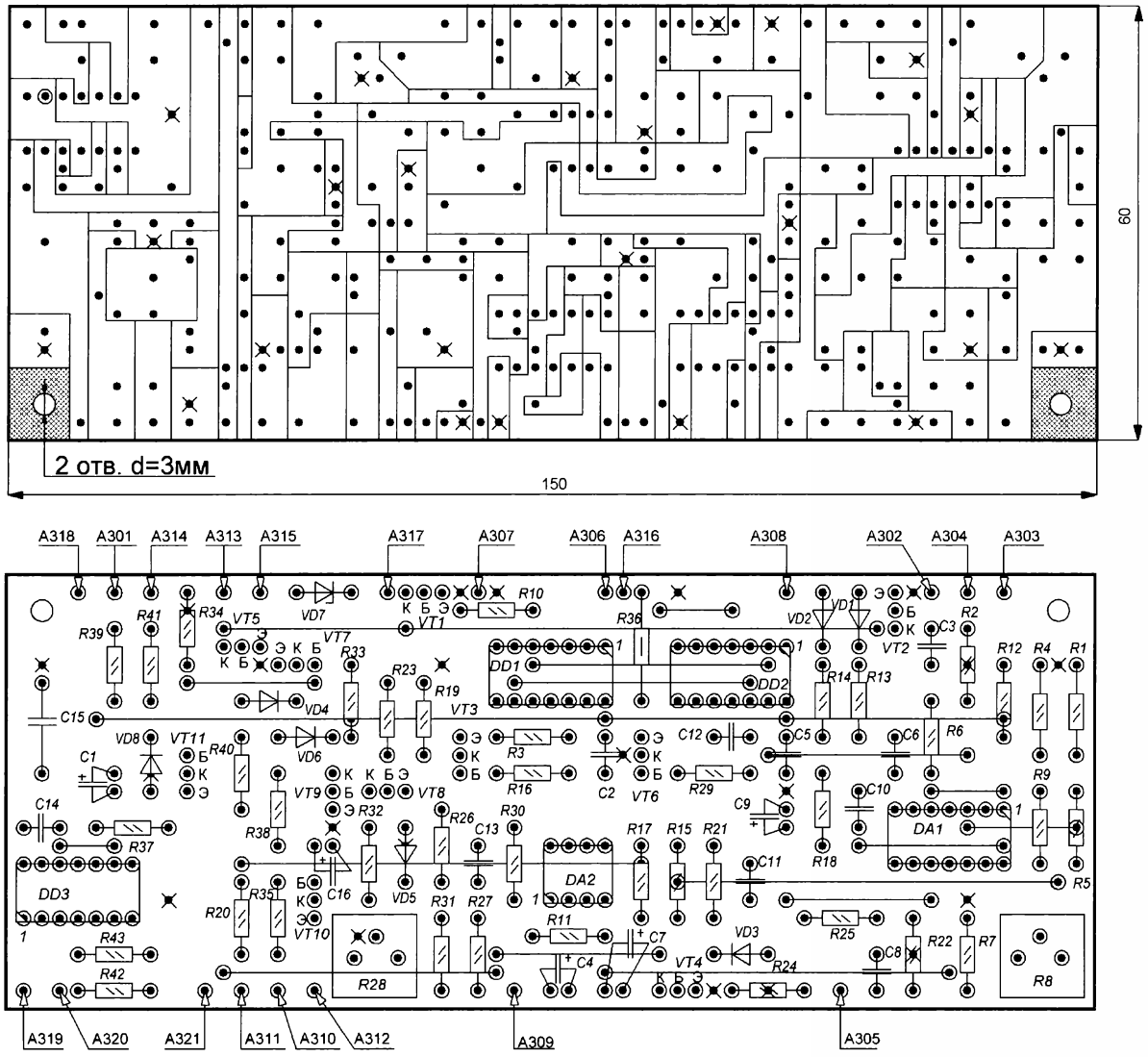


Рис. 12

CF-2). Подстроечный резистор R5 — многооборотный СП5-2. Неполярные конденсаторы C1, C2 — плёночные МКР-X2, C4, C7 — металлоплёночные CL-21, C11 — слюдяной КСО-5, C14 — керамический КЛС, C6 — высоковольтный керамический К15-5. Остальные неполярные конденсаторы — керамические К10-17б. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные. Микросхема IR2161 в DIP-корпусе установлена на плате в панель. Дроссель L1 — от импульсного источника питания видеомагнитофона. Магнитопровод импульсного трансформатора T1 — два склеенных вместе кольца К28×16×9 из феррита марки М3000НМ-А. Первичная обмотка содержит 90 витков. Вторичная обмотка — 12 витков, она намотана двумя проводами, сложенными вместе, обмотка III намотана двумя проводами и состоит из четырёх витков. Диаметр провода этих обмоток — 0,38 мм. Вторичная обмотка IV содержит 21 виток, она намотана двумя сложенными проводами диаметром 0,67 мм. Тип обмоточных проводов — ПЭВ-2. При подключении вторичных обмоток к плате начало одной обмотки подключается к концу другой, таким образом, получается средний вывод обмотки.

Платы модулей A2 и A3 изготовлены из двухстороннего фольгированного текстолита механическим способом, который описан в [10]. Фольга со стороны деталей служит общим проводом. Крестиками на платах обозначены перемычки между сторонами платы. Красными линиями показаны проволочные соединительные перемычки. Окружности вокруг точек обозначают, что отверстия раззенкованы для удаления фольги вокруг них.

Чертёж платы модуля A2 показан на **рис. 11**, она изготовлена из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Постоянные резисторы R5, R7, R8, R10 должны иметь допуск не более 1 %, или их необходимо подобрать с помощью омметра. Остальные резисторы — МЛТ, С2-33 с допуском 5 % или 10 %. Подстроечный резистор R3 — многооборотный СП5-2. Неполярные конденсаторы C1, C3, C6, C7 — керамические КЛС, остальные — К10-17б. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные. Микросхемы — в корпусах DIP-8, каждая установлена на плате в панель. Микросхему MC34063ADI можно заменить отечественной микросхемой КР1156УЕ5, ОУ ОР07СР — ОУ КР140УД17. Дроссель применён из энергосберегающей лампы. Его ферритовый магнитопровод Ш4,5×6,5 имеет зазор 1 мм. Обмотка состоит из двух сложенных вместе проводов ПЭВ-2 диаметром 0,45 мм, она намотана до заполнения каркаса. Индуктивность дросселя — около 70 мкГн.

Чертёж печатной платы модуля A3 показан на **рис. 12**. Применены аналогичные детали, исключение составляют резисторы R2, R15, R17, R20, R21, их нужно использовать с допуском 1 % или подбирать. Подстроечные резисторы R8, R28 — многооборотные СП5-2. Микросхемы К561ЛА7 можно заменить импортными CD4011, микросхему К561ТМ2 — CD4013.

При исправных деталях и отсутствии ошибок в монтаже налаживание ЛБП сложностей не имеет. Модуль A1 проверяют отдельно. Первое подключение к сети нужно сделать с последовательно включённой лампой накаливания 230 В мощностью 60 Вт. Если модуль работает нормально, лампа будет тускло гореть, а напряжения будут близки к указанным на схеме. После этого модуль подключают в соответствии со схемой на рис. 2. Дальнейшее налаживание заключается в регулировке подстроечных резисторов. Резистором R5 на плате модуля A1 устанавливают напряжение 30 В на выходе ЛБП при левом по схеме (см. рис. 2) положении переменного резистора R1. Подстроечным резистором R3 на плате модуля A2 устанавливают напряжение 2,5 В между контактами К2 и Э2 при выходном напряжении ЛБП 12...18 В и токе нагрузки около 1 А. Нагрузкой может служить лампа накаливания с номинальным напряжением 12 В или 24 В. На плате модуля A3 подстроечным резистором R8 устанавливают ток ограничения, значение которого соответствует выбранному переключателем SA1 (см. рис. 2). Выключатель SA2 находится в положении, показанном на схеме. Ток нагрузки измеряют амперметром, непосредственно подключённым к выходу ЛБП. Отклонение тока ограничения от установленного зависит от точности сопротивлений резисторов R2—R12 (см. рис. 2) и R2 (см. рис. 5). Подстроечным резистором R28 на плате модуля A3 уравнивают показания контрольного вольтметра PV1 и образцового вольтметра, подключённого к выходу ЛБП при выходном напряжении 20 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Муралёв С.** Простой лабораторный источник питания. — Радио, 2003, № 3, с. 24.

2. **Коренев С.** Мощный лабораторный блок питания с повышенным КПД. — Радио, 2004, № 3, с. 34, 35.

3. **Мороз К.** Импульсный лабораторный блок питания 0...30 В, 0,01...5 А. — Радио, 2008, № 4, с. 23, 24.

4. **Вишневский А.** Оборудование для рабочего места радиолюбителя. — Радио, 2015, № 11, с. 23—28.

5. IR2161. — URL: **https://tagradio.ru/pdf/catalog/704119.pdf** (27.11.25).

6. Импульсный источник питания для УМЗЧ — IR2161 SE. — URL: **https://cxem.net/pitanie/5-345.php** (27.11.25).

7. Inverting Regulator — Buck, Boost, Switching 1.5 A MC34063A, MC33063A, SC33063A, NCV33063A. — URL: **https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/mc34063a-d.pdf** (27.11.25).

8. **Бирюков С.** Преобразователи напряжения на микросхеме КР1156УЕ5. — Радио, 2001, № 11, с. 38, 39, 42.

9. Лабораторный источник питания. — Радио, 1985, № 9, с. 61, 62.

10. **Верховцев О. Г., Лютов К. П.** Практические советы мастеру любителю: Электротехника, электроника, материалы и их обработка. 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат, 1988.

От редакции. *Чертежи печатных плат и схема доработанного оборудования находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/02/lbp.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Вышла в свет новая книга

Дементьев А. Н., Захаркин С. В., Иванов В. А. Сети связи: иерархии, транспортные потоки, сигнализация. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025. — 308 с., ил. ISBN 978-5-9912-1130-7.

Учебное пособие содержит описание основных принципов построения информационно-телекоммуникационных сетей (ИТКС), организации процессов в ИТКС, методов синхронизации и коммутации в сетях связи. Рассмотрены методы повышения эффективности использования сетевого ресурса на основе коллективного доступа, плезиохронная и синхронная цифровые иерархии, технологии оптической транспортной сети OTN-OTH, сигнализация в сетях связи. Материал изложен последовательно, от простого к сложному.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 10.05.02 — "Информационная безопасность телекоммуникационных систем", студентов других инфокоммуникационных и радиотехнических специальностей, а также докторантов, аспирантов (адъюнктов), профессорско-педагогического и научного состава. Будет полезна специалистам в области мониторинга телекоммуникационных систем.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Источник высокого напряжения для газовых разрядов с измерением их параметров

Н. ЕГОШКИН, г. Рязань

В статье предложен источник высокого переменного напряжения для зажигания электрических разрядов в воздухе и в газоразрядных трубках. Основа устройства — импульсный преобразователь с высоковольтным трансформатором. В качестве задающего генератора применён микроконтроллер (МК), который используется для измерения выходного тока, напряжения и расчёта мощности, а также обеспечивает управление частотой для надёжного зажигания разряда. Измеренные параметры отображаются на oled-дисплее. Подключив устройство к компьютеру или смартфону, можно получать осциллограммы токов и напряжений в режиме сверхразрешения с частотой дискретизации 84 МГц, управлять режимом генератора, записывать и визуализировать зависимости напряжения, тока и мощности от частоты и от времени.

Для получения высокого переменного напряжения можно использовать типовую схему импульсного преобразования: задающий генератор, драйверы ключей, МОП-транзисторы и высоковольтный трансформатор. На **рис. 1**, **рис. 2** для примера показаны готовая плата и высоковольтный трансформатор из интернет-магазина.

Интересно, что в качестве задающего генератора инженеры-разработчики использовали микроконтроллер 8G1K08. Реверс-инжиниринг показал, что частота колебаний непостоянна: за 11 мс она перестраивается от 38 кГц до 350 кГц, потом — обратно и повторяется снова. Вероятно, это сделано для того, чтобы гарантированно попасть в резонанс высоковольтного трансформатора и обеспечить пробой разрядного промежутка. Однако получение стабильного разряда тут затруднительно, поскольку при смене частоты в широком диапазоне найдутся и "антирезонансы" с минимумом напряжения. Также тут практически невозможно стабилизировать ток и режим разряда.

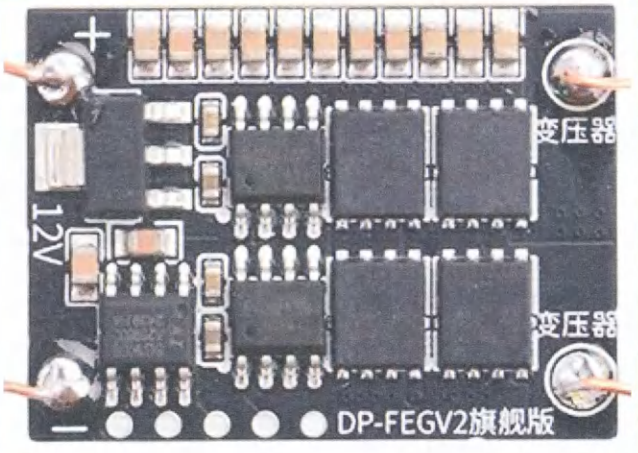


Рис. 1

Рис. 2

Получается, для источника высокого напряжения полезна возможность перестройки рабочей частоты. Но необходимость перестройки и диапазон должны выбираться пользователем под конкретную задачу в зависимости от применяемого трансформатора, вида разряда и пр.

Ещё лучше, если бы высоковольтный источник обеспечивал измерение фактического выходного напряжения и тока в нагрузке или хотя бы потребляемого тока. Это позволяет пользователю выбирать оптимальную частоту (при наличии устройства индикации). Более того, тогда становится возможным автоматический выбор нужной частоты в соответствии с заданным критерием.

На **рис. 3** приведена схема источника высокого напряжения. Силовая часть представляет собой классическую схему полного моста на готовой плате из интернет-магазина, собранной на основе микросхем EG3013 (см. рис. 1), поэтому на схеме не указаны номиналы некоторых элементов, поскольку есть несколько версий плат с малосущественными отличиями. При этом штатный микроконтроллер 8G1K08 выпаян с платы. Вместо него подключена готовая плата на основе МК STM32F401CCU6 или STM32F401RCT6 (**рис. 4**).

Плата с МК через развязывающий диод VD1 запитана напряжением +5 В, которое вырабатывает стабилизатор на плате силовой части. От него также питается датчик потребляемого тока ACS712 (модуль для Ардуино, вариант на 5 А), через который исходное питание +12...15 В подаётся на всё устройство. Вы-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

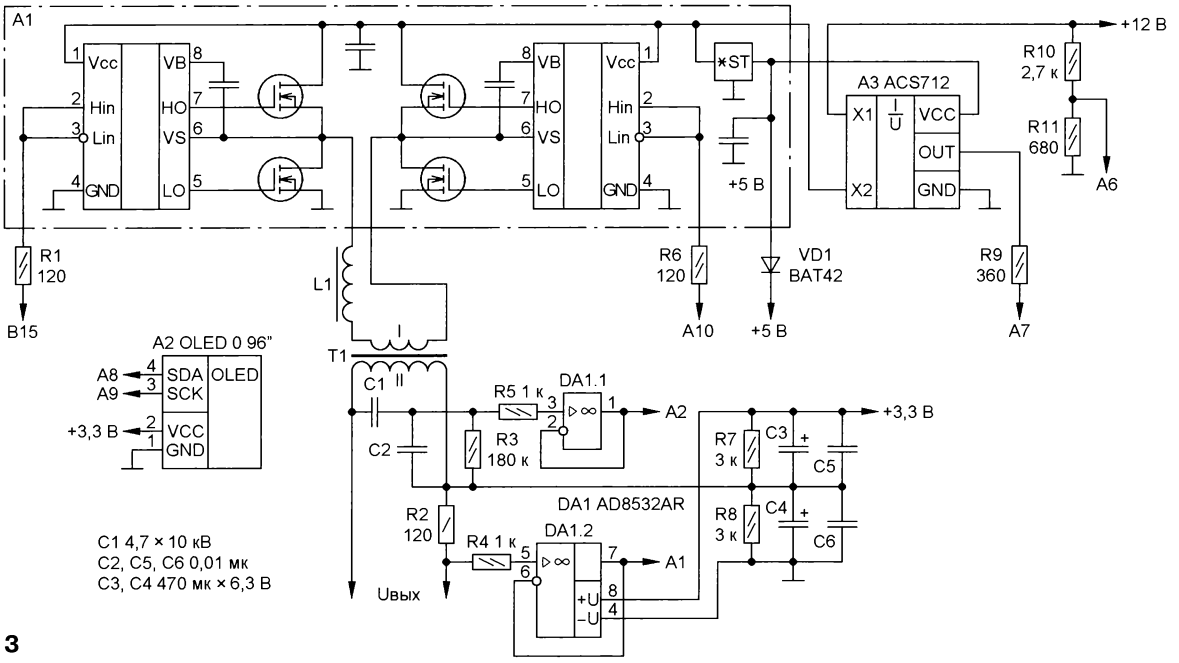


Рис. 3

ход датчика тока через резистор R9 подключён к АЦП МК. Делитель R10, R11 обеспечивает измерение МК входного напряжения питания.

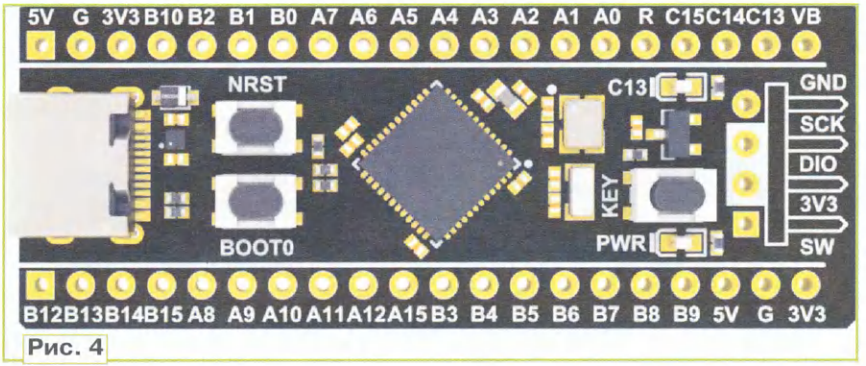


Рис. 4

МК вырабатывает противофазные сигналы для управления мостом, которые подаются на вход драйверов через токоограничивающие резисторы R1, R6. К сожалению, входы Hin и Lin каждого драйвера полумоста "крепко" соединены на плате, поэтому плавное ШИ-управление мощностью реализовать не удалось.

Высоковольтный трансформатор T1 подключён к выходу моста через балластный дроссель L1, цель которого — ограничивать ток разряда.

Измерение высокого напряжения на вторичной обмотке трансформатора T1 выполняется через делитель C3, C2. На высоких частотах конденсаторный делитель работает лучше резистивного, к тому же на выходе обмотки заведомо нет постоянной составляющей. Через резистор R3 подаётся необходимое постоянное смещение, которое формирует делитель C3—C6, R7, R8 из питающего ОУ DA1 напряжения +3,3 В, которое вырабатывает отдельный стабилизатор на плате с МК, контакт 3V3.

Измерение выходного тока (тока разряда) производится с помощью шунта R2. ОУ DA1.1 и DA1.2 работают как повторители с высоким входным сопротивлением и низким выходным, обеспечивая качественный сигнал на входах быстродействующего АЦП МК.

Также к плате МК по шине I²C подключён широко распространённый и дешёвый oled-дисплей 0.96" с разрешением 128×64 на контроллере SSD1306 (**рис. 5**).

Для измерения переменного выходного напряжения и тока используется прямая оцифровка АЦП МК. Это позволяет избавиться от погрешностей детекторов и получать информацию о динамике тока и напряжения в разряде, что само по себе может представлять интерес.

В используемом МК STM32F401CCU6 12-разрядный АЦП достаточно быстродействующий. Однако в реальности такой скорости совершенно не достаточно! Например, при одновременной оцифровке тока и напряжения при частоте генератора 130 кГц уже третья гармоника генератора лежит вне условий теоремы Котельникова, т. е. фактически наблюдаема только основная гармоника — чистая синусоида.

К счастью, МК сам является источником сигнала для моста, что позволяет строго синхронизировать сигналы управления мостом с моментами опроса АЦП и реализовать режим "сверхразрешения", когда детальная информация о сигнале собирается за несколько периодов.

Рис. 5

Пусть выходная частота моста формируется таймером МК путём деления тактовой частоты (84 МГц) в K раз, а аналоговый сигнал S(t) на входе АЦП строго периодичен, т. е. S(t) = S(t+K), например, газовый разряд вышел на стационарный режим. Пусть опрос АЦП осуществляется каждые L тактов МК, при этом

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

формируется массив измерений D[i] = S(i•L). В силу периодичности сигнала D[i] = S(i•L mod K), где mod — операция взятия остатка от деления на K, i = 0, 1, 2, ...

Можно показать (**Айерлэнд К., Роузен М.** Классическое введение в современную теорию чисел. — М.: Мир, 1987, 416 с.), что если числа K и L взаимно просты, то существует целое число P, такое, что (P•L mod K) = 1, и тогда S(j) = D[j•P mod K], j = 0, 1, 2, K-1. То есть можно получить отсчёты периодического сигнала S(j) для каждого j-го такта МК (т. е. с разрешением в 84 МГц), просто переставляя отсчёты АЦП в массиве D, а перестановка эта задаётся формулой i = j•P mod K. Число P можно найти алгоритмом Евклида либо даже просто полным перебором из определения (P•L mod K) = 1, последовательно прибавляя L и приводя результат по модулю K, пока не получится 1.

На практике период L опроса АЦП МК выбран простым числом L = 61. При этом период генератора для моста K необходимо выбирать некратным L, что не слишком ограничительно. Дополнительно K должно быть чётным, чтобы избежать появления постоянной составляющей тока в первичной обмотке трансформатора T1.

На **рис. 6**, **рис. 7** показаны осциллограммы для разряда в воздухе, полученные в обычном режиме (рис. 6) и в режиме сверхразрешения (рис. 7). Первые совершенно не информативны, и адекватная оценка мощности невозможна. А при сверхразрешении видно даже, что в течение части периода ток нулевой, пока напряжения ещё не достаточно для пробоя.

Для МК разработана программа, в которой можно задать начальную частоту f0 и диапазон fmin...fmax, в котором частота может изменяться. Можно выбрать один из четырёх режимов сканирования по частоте, которые стартуют при включении питания МК:

а) частота фиксированная f = f0;

б) частота f растёт от f0 до fmax;

в) частота f убывает от f0 до fmin;

г) частота f вначале f0, а потом колеблется между границами [fmin, fmax].

При этом для вариантов б) и в) можно задать критерий поиска: максимум напряжения, тока, мощности, тока питания устройства. Тогда по окончании сканирования будет выбрана частота, соответствующая максимуму значения критерия. Правда, сканирование тут куда более медленное, оно занимает несколько секунд, так как в процессе выполняются измерения с усреднением показаний.

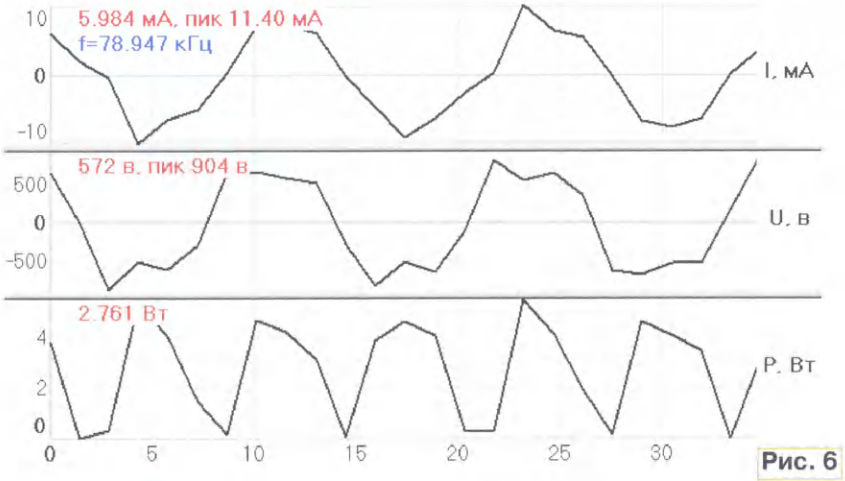


Рис. 6

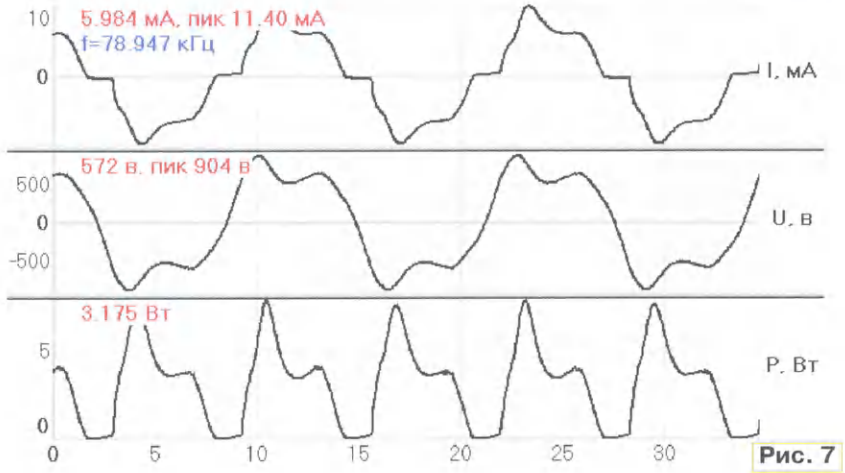


Рис. 7

При нажатии на кнопку key на плате МК сканирование останавливается, если оно уже идёт. Повторное нажатие включает и выключает сканирование по варианту г), т. е. пользователь всегда может выставить требуемую частоту вручную. А продолжительное нажатие на кнопку запускает сканирование по частоте от fmin до fmax с возвратом на оптимальную в плане выбранного критерия поиска частоту. Если критерий не выбран, используется выходная мощность, т. е. пользователь всегда может запустить автоматический выбор частоты.

В процессе работы на экране крупно отображаются значения напряжения и мощности, а более мелко — значения частоты и тока (в высоковольтной цепи и потребляемый, см. рис. 5).

Для пересчёта показаний АЦП в соответствующие физические величины необходимо знать калибровочные параметры: номиналы делителей напряжений, сопротивление шунта, ноль и чувствительность датчика тока. Их можно задать в соответствии с номиналами на схеме, а при необходимости — скорректировать на основе сравнения с показаниями эталонных приборов.

Задать параметры пересчёта, а также f0, fmin, fmax, режим сканирования и критерий поиска можно в исходниках программы (функция VVInfoInitDef), а можно подключить плату с МК к компьютеру по USB и использовать специально разработанную программу.

Программа для компьютера обладает широкими возможностями по управлению устройством. Можно включать и выключать генератор, менять частоту, режимы сканирования и критерии поиска. Можно настраивать калибровки, параметры отображения на экране. Настройки можно сохранить в энергонезависимой памяти МК для автономного использования.

Также в программе в реальном времени отображаются измеряемые значения токов и напряжений. Можно включить запись этих измерений в текстовый файл и просматривать сделанные записи в виде графиков. Можно получить графики — осциллограммы тока, напряжения и мощности, сохранять их в текстовый и растровый форматы. Также предусмотрено сканирование по частоте с сохранением результатов в файлы анимации. Более подробно работа с программой рассматривается в прилагаемом руководстве оператора. Программа

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

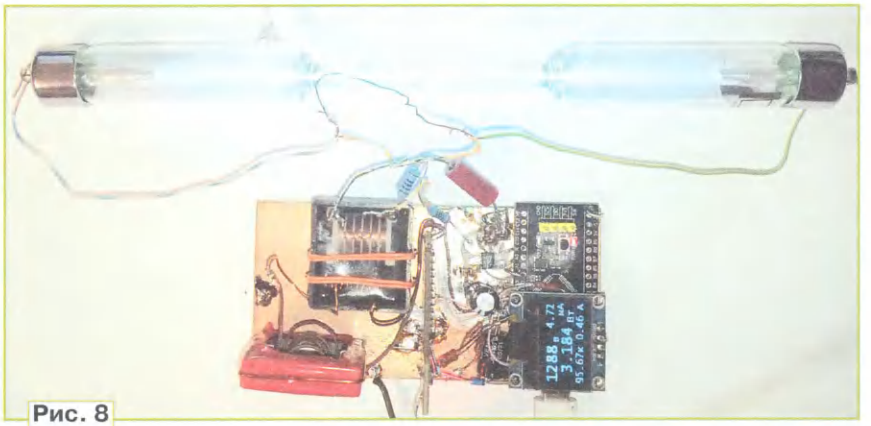


Рис. 8

работает в Windows, а для других платформ возможно управление устройством из браузера через интерфейс WEB USB по адресу **https://zvzd3d.ru/NikyVV3kV/Upr** (но возможностей там меньше).

На практике источник собран с применением готовых модулей: платы с МК STM32F401, платы силовой части, платы датчика тока ASC712 и платы oled-дисплея. Это затрудняет детальные указания по конструкции. В авторском варианте для закрепления и как "земляной" полигон использовалась плата из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита. Поверх неё на расстоянии 2...3 мм на контактах общего провода (G) закреплялась плата с МК, в которую предварительно запаян разъём для внутрисхемного программирования МК. Рядом перпендикулярно закреплены плата моста и плата датчика тока, а также привинчены трансформатор T1 и дроссель L1 (**рис. 8**).

Необходимые соединения выполнялись проводами, иногда с использованием выводных резисторов. Разряды создают мощные помехи, поэтому провода следует делать короткими и прижимать к "земляному" полигону!

Только для ОУ DA1 и её входных цепей на плате вырезаны дорожки. Защитные резисторы R4 и R5 надо располагать максимально близко к входам DA1. Высоковольтный конденсатор C1 расположен на весу между выводом T1 и платой. Индикатор oled устанавливают в последнюю очередь, он закрепляется на двух проволочных держателях поверх платы с МК, дополнительные держатели крепят его к "земляному" полигону.

Конденсатор C1 — высоковольтный КВИ-1. Можно использовать конденсаторы другой ёмкости, сохраняя соотношение C1/C2 или задавая используемую ёмкость при калибровке. Источник не должен работать без нагрузки — пробой возникнет там, где не надо! Стоит предусмотреть на выходе источника защитный разрядник из проводников на расстоянии 2...3 мм, но надо учитывать, что при разряде проводники сильно греются.

Следует помнить, что "холодный" конец высоковольтного выхода нельзя подключать к корпусу: по постоянному току там смещение.

ОУ DA1 необходимо использовать rail-to-rail при напряжении +3,3 В, лучше быстродействующий.

Вместо готового моста и трансформатора можно использовать более мощный мост, собранный по типовой схеме, но он должен управляться уровнями +3,3 В от МК. При необходимости устройство можно собирать частично, исключая датчик тока ACS712 или DA1, если не нужны измерения. Также можно не ставить дисплей и смотреть показания на подключённом по USB телефоне или компьютере.

Дроссель L1: по размеру магнитопровода, числу витков и индуктивности следует ориентироваться на высоковольтный T1, его первичную обмотку и требуемый ток разряда. Влияние L1 зависит от рабочей частоты: с её понижением растёт возможный ток (что позволяет его регулировать), но использование низких частот надо ограничить (задав fmin) во избежание насыщения магнитопроводов. Следует сделать в магнитопроводе L1 зазор из бумаги от насыщения, хотя мост симметричен, при некоторых типах разряда ток несимметричный, вплоть до его протекания только при одной полярности.

Сначала плату с МК запитывают по USB и программируют. После этого компьютер должен увидеть новое USB-устройство, а на экране начинают отображаться данные. В точках A1, A2 должно быть напряжение около 1,65 В. Далее подают основное питание на мост (лучше через защитную лампу на напряжение 12 В мощностью 21 Вт), не подключая первичную обмотку трансформатора T1 и отключив генератор из программы. При этом потребляемый ток мал, на выходе ASC712 примерно 2,5 В, и можно откалибровать смещение ноля датчика тока. Затем включают генератор, ток должен возрасти. Далее можно пробовать включить устройство целиком. Плата силовой части сильно греется, возможно, стоит ограничить продолжительность работы или обеспечить дополнительный теплоотвод.

От редакции. *Программа МК находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/02/high_volt.zip*** *на нашем ftp-сервере.*

Фильтр-стабилизатор напряжения накала стержневых радиоламп

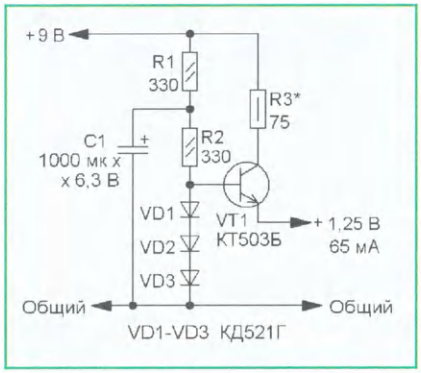
С. БОГАТЕНКОВ (UN7FIL), г. Экибастуз Павлодарской обл., Казахстан

Отличительной чертой радиоламп с катодом прямого накала является их чувствительность к пульсациям источника накального напряжения. Эта особенность в полной мере проявляется и у радиоламп стержневой конструкции, в связи с чем питание накальных цепей таких ламп от обычного двухполупериодного выпрямителя со сглаживающим конденсатором не представляется возможным. Фильтр-стабилизатор, схема которого показана на **рисунке**, позволяет просто и эффективно получить чистое и стабилизированное напряжение накала для

конструкций на стержневых радиолампах с сетевым питанием.

Устройство представляет собой электронный фильтр-стабилизатор на кремниевом биполярном n-p-n транзисторе VT1, включённом по схеме с общим коллектором. В качестве источника образцового напряжения используется цепь из трёх прямосмещённых кремниевых диодов VD1—VD3, на которых падает напряжение около 1,9 В, которое поступает на базу транзистора VT1. Выходное напряжение 1,2...1,25 В снимается с эмиттера транзистора. Резисторы R1 и R2 ограничивают прямой ток диодов и вместе с конденсатором C1 образуют фильтрующую RC-цепь. Резистор R3 рассеивает часть мощности, облегчая режим транзистора VT1, а также ограничивает ток через транзистор в момент включения устройства, когда разряжены блокировочные конденсаторы на катодах радиоламп. При номиналах, указанных на схеме, фильтр-стабилизатор обеспечивает питание накалов и катодов пяти ламп 1Ж24Б (1,2 В, 65 мА).

При необходимости применить это устройство с другим числом или типом радиоламп, номиналы деталей можно пересчитать. Транзистор VT1 должен



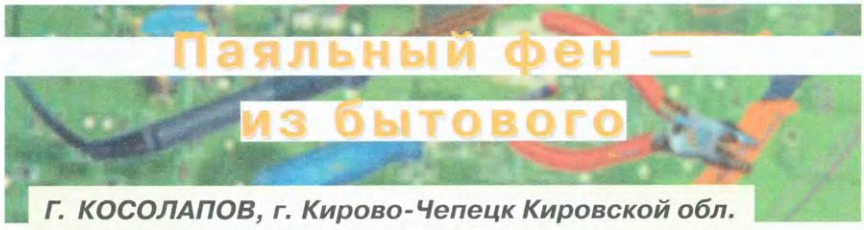
быть кремниевым с возможно большим коэффициентом передачи тока базы, поскольку увеличение этого параметра (наряду с ёмкостью конденсатора C1) улучшает степень фильтрации. По той же причине сопротивления резисторов R1 и R2 следует выбрать равными [1]. Стоит отметить, что добавление конденсатора на выход (между эмиттером транзистора VT1 и общим проводом) нецелесообразно, так как не повышает коэффициент фильтрации [1].

Размеры устройства можно уменьшить, если применить элементы для поверхностного монтажа, например, резисторы типоразмера 0805, 1206 (R1, R2), 1210, 2010 (R3), транзистор — MMBT2222A [2], диоды — 1N4148WS.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Векслер Г. С., Штильман В. И.** Транзисторные сглаживающие фильтры. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1979, 176 с.

2. MMBT2222A. — URL: **https://clck.ru/3QszXj** (17.12.25).



Паяльный фен — из бытового

Г. КОСОЛАПОВ, г. Кирово-Чепецк Кировской обл.

Мне совершенно случайно достался бытовой фен под названием "Олимп". Он оказался исправным, и было решено приспособить его под нужды радиолюбителя — сделать из него паяльный фен. Он был разобран, удалён нагревательный элемент, изготовлен стыковочный узел из текстолита **рис. 1**.

К стыковочному узлу прикреплён защитный кожух нагревательного элемента, изготовленный из баллончика для дезодоранта. Предварительно его нужно подготовить для монтажа. Срезаем верхнюю часть баллончика, где расположен распыляющий узел. Дну баллончика, первоначально имеющему впадину, придаём плоскую форму каким-нибудь деревянным предметом. В стыковочном узле из текстолита делаем шесть симметричных пропилов для прохождения воздуха к нагревательному элементу и для выводов от нагревательного элемента, а также четыре отверстия для крепления кожуха.

Изготавливаем сопло будущего фена. Для этого понадобится лыжная палка. От неё отпиливаем часть длиной 30...40 мм. С одного из концов по всей окружности спиливаем часть металла шириной 3...4 мм и глубиной в половину толщины палки — должен получиться уступ.

Находим в закромах советский оксидный конденсатор и подвергаем его обработке. Конденсатор должен быть такого диаметра, чтобы он мог войти в корпус защитного кожуха нагревательного элемента. Если будет немного свободно, потом устраним. Отрезаем его часть длиной 40 мм с резьбовой стороны. Резьбовую часть удаляем и сверлим отверстие, равное уменьшенному диаметру сопла. Это будет согласующий узел.

Вставляем сопло в согласующий узел и развальцовываем, чтобы получилось плотное неразъёмное соединение, как на **рис. 2**. От оставшейся части конденсатора отрезаем кольцо и разрезаем его. Оно и будет служить нам для устранения зазора между кожухом нагревательного элемента и согласующим узлом.

Переходим к изготовлению нагревательного элемента. Он изготовлен по образу и подобию своего родного нагревателя. Вырезаны четыре полоски слюды прямоугольной формы. Им придана такая же форма. Ширина полоски равна ширине защитного кожуха, а длина равна расстоянию от стыковочного узла до края согласующего узла, который находится внутри защитного кожуха нагревательного элемента. В каждой пластине пропилены по два паза, справа и слева от нагревательного элемента. В них укреплены П-образной формы зажимы, чтобы конструкция не развалилась. В каждой из пластин до середины по длинной оси сделаны пропилы. Пластины разворачивают на девяносто градусов по длинной оси относительно друг друга и вдвигают друг в друга. Получается крестообразное соединение. Соединение со стороны выводов нагревательного элемента дополнительно укрепляется штатным крестообразным зажимом, как на **рис. 3**.

Нагреватель изготавливаем из штатного. От него отделяем участок сопротивлением 100 Ом, наматываем на каркас и закрепляем. Приступаем к сборке конструкции. Вставляем нагревательный элемент в защитный кожух, вслед за ним — согласующий узел с соплом и затягиваем место соединения хомутом, как на **рис. 4**. На выводы нагревателя надеваем керамические изоляторы, которые изготовлены из резисторов МЛТ мощностью 0,5 Вт со снятым резистивным слоем. К выводам нагревателя подсоединяем клеммы. К противоположным сторонам клемм присоединяем провода кабеля (**рис. 5**). Использован четырёхжильный кабель. Два провода идут на нагреватель, два других — на электродвигатель. К противоположному концу кабеля припаи-

Рис. 1

Рис. 2

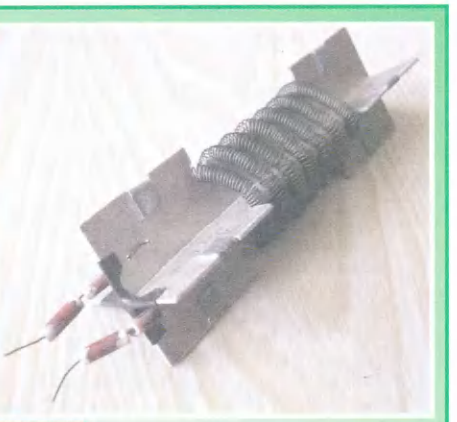


Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

вают ответную часть разъёма блока питания фена. Собираем всё в единое целое.

Переходим к изготовлению блока питания фена. Схема блока показана на **рис. 6**. Напряжение сети через предохранитель FU2 и выключатель SA1 поступает на первичную обмотку трансформатора T1. С вторичной обмотки напряжение поступает на выпрямитель, собранный на диодах VD1—VD4. Напряжение фильтруют конденсаторы C1, C2, оно подаётся на интегральный стабилизатор напряжения DA1 и стабилизатор напряжения питания вентилятора блока питания. Он собран на транзисторе VT1, резисторе R3, стабилитроне VD5, конденсаторе C4.

Сетевое напряжение 230 В после выключателя через плавкую вставку FU1 поступает на регулятор температуры нагревателя фена, собранный на симисторе VS2 и симметричном динисторе VS1. Регулируют температуру нагревателя переменным резистором R2. При этом изменяется время достижения лавинного пробоя динистора VS1. По достижении напряжения пробоя динистора VS1 переменное напряжение подаётся на управляющий электрод симистора VS2, и он открывается. Следовательно, большая или меньшая часть сетевого напряжения подаётся на нагревательный элемент EK1, изменяя температуру воздушной струи фена.

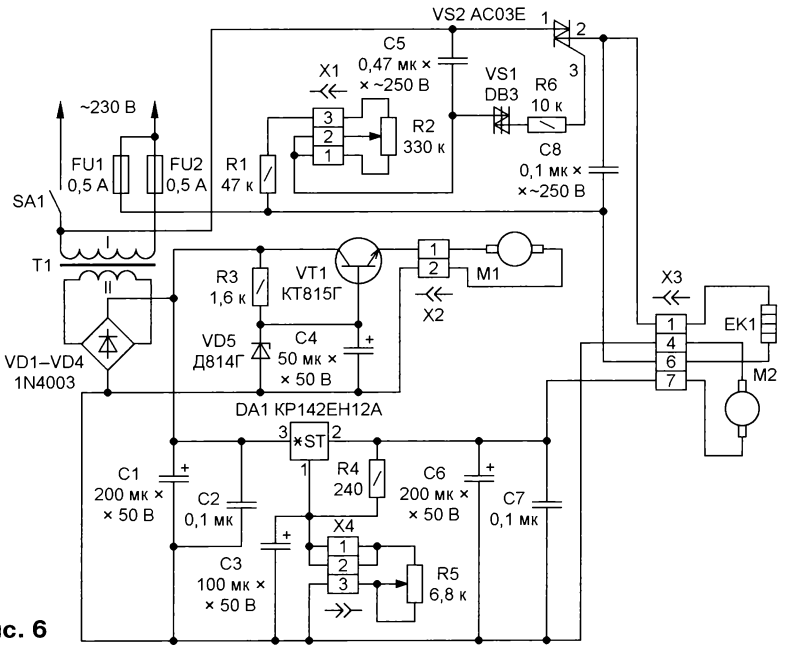
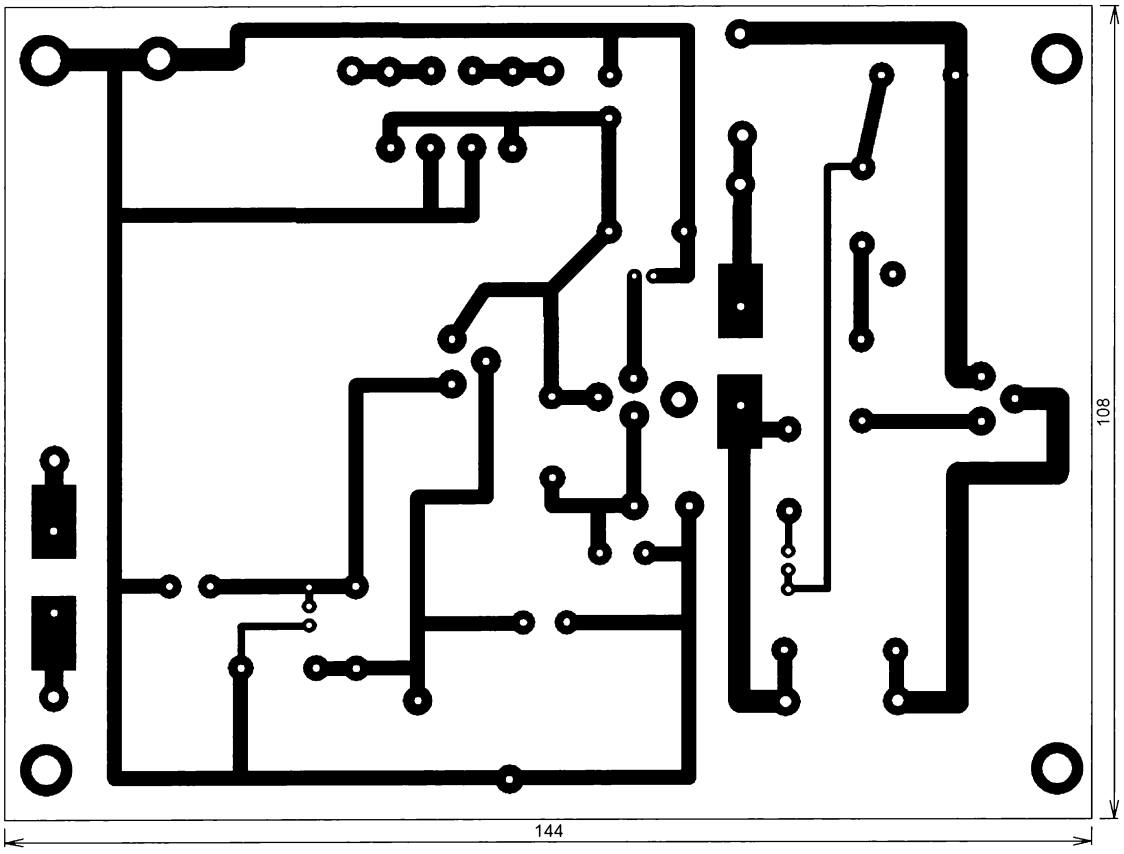


Рис. 6

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru


108
144

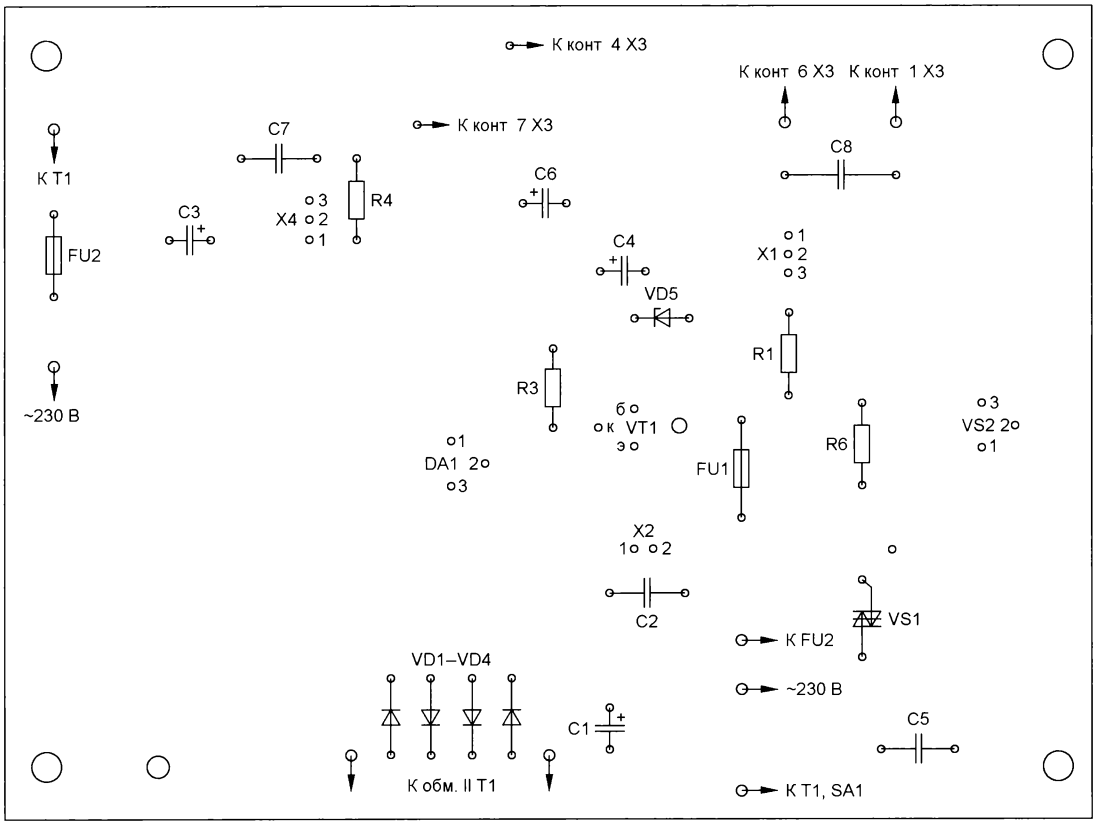

К конт 4 X3
К конт 6 X3
К конт 1 X3
К конт 7 X3
К T1
C7
C8
C6
C3
X4
R4
C4
X1
VD5
FU2
R1
R3
~230 В
VT1
DA1
FU1
R6
VS2
X2
C2
VS1
К FU2
VD1–VD4
~230 В
C1
C5
К обм. II T1
К T1, SA1

Рис. 7

На интегральной микросхеме DA1 собран регулятор оборотов электродвигателя M2. Изменением сопротивления переменного резистора R5 производится регулировка оборотов нагнетателя фена.

Трансформатор T1 подойдёт любой понижающий, подходящий по габаритам, с выходным напряжением на вторичной обмотке 30 В переменного тока. Транзистор КТ815Г можно заменить на КТ815 с любым буквенным индексом, а также на приборы серий КТ817, КТ819. Стабилитрон Д814Г заменим на Д814В с меньшим напряжением стабилизации. Симистор АСО3Е можно заменить на ACST6-7ST, динистор DB3 — на MKP1V130RLG. Применён отечественный разъём РШ2Н-1-17 (X3). Разъёмы X1, X2, X4 — импортные, X1 и X4 — трёхконтактные H-03 (розетка) и W-03 (вилка). Аналоги — HB-03 (розетка) и WB-03 (вилка). Разъём X2 — двухконтактный H-02 (розетка) и W-02 (вилка).

Детали блока питания смонтированы на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертёж платы и расположение элементов показаны на **рис. 7**. Блок питания фена смонтирован в корпусе блока питания компьютера. Правильно собранный блок питания в налаживании не нуждается.

Светильники-ночники с функцией вызова домашней помощи

А. ВАСИЛЬЕВ, г. Санкт-Петербург

Автор предлагает простой способ и конструкцию для дополнения современных светильников-ночников (в основном настенных) функцией вызова помощи от домочадцев или сиделок, когда сделать это иным способом невозможно.

Современный рынок домашних светильников повсеместно наполнен широким ассортиментом удобных в использовании миниатюрных и экономичных светильников-ночников типа "пушлайт" (вкл/выкл нажатием на поверхность) с автономным питанием. В распоряжении автора оказались два таких изделия, несколько отставших по конструкции от современных, но вполне пригодных для дополнения их функцией вызова в ситуации, когда требуется неотложная (скорая) помощь, чаще всего, конечно, в случае серьёзного заболевания, с ночными приступами, не говоря уж о случаях, когда невозможно вызвать помощь голосом.

В авторской мастерской сохранились очень удобные для такого применения акустические излучатели на номинальное напряжение 5 В (рабочее напряжение — 3...8 В) с встроенным генератором, обеспечивающим излучение на частоте около 2300 Гц (в зоне наиболее высокой чувствительности уха) [1]. Питание светильников осуществляется от трёх гальванических элементов типоразмера AAA, поэтому, с учётом выработки ими своего ресурса и для обеспечения возможности использования "подсевших" элементов от различных пультов, было решено разработать схему с последовательным соединением источников питания светильников. В качестве исходных требований выступало также обеспечение наибольшей

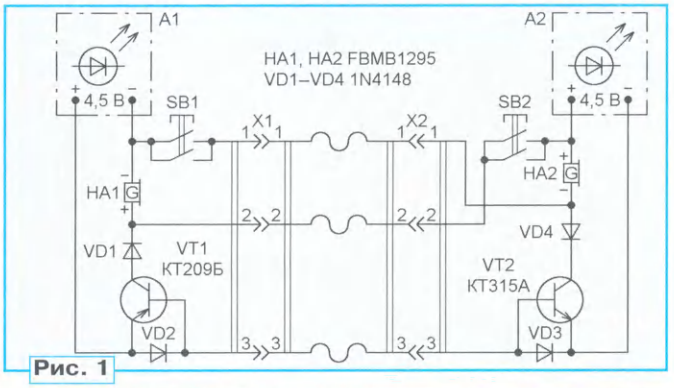


Рис. 1

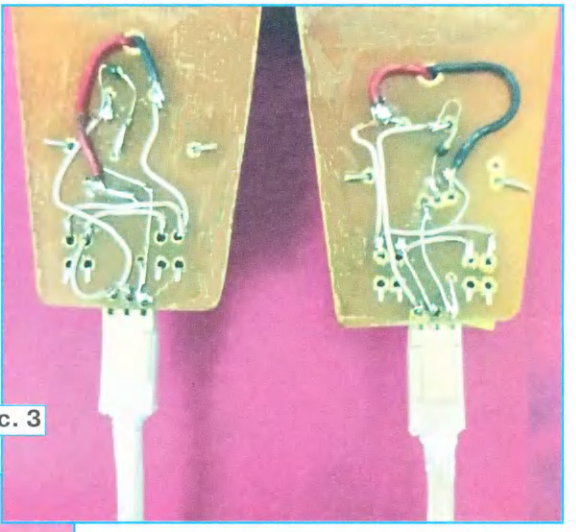


Рис. 3

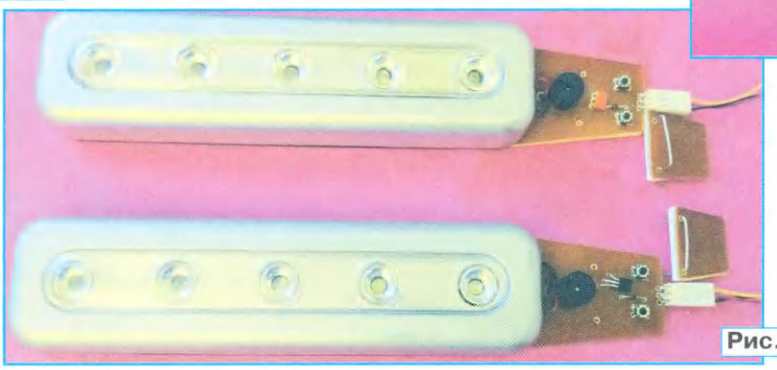


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

надёжности вызова и звуковое подтверждение вызывающему, что вызов доходит до адресата. Через некоторое время была разработана простая схема, показанная на **рис. 1**. Думается, она не требует пространных пояснений. Для обеспечения надёжности вызова и компактности конструкции сразу же было решено использовать на месте кнопок SB1, SB2 тактовые кнопки с общей крышкой нажатия. Транзисторы VT1, VT2 с диодами VD2, VD3 сигнализируют вызывающему (через свой акустический излучатель), что вызов доходит до адресата (по крайней мере, одного при комплекте с двумя приёмными устройствами). Указанные на схеме транзисторы могут быть заменены аналогичными, например, КТ361Б и КТ3102ВМ, соответственно, имеющими допустимые размеры. Диоды VD1, VD4 предотвращают ток через коллекторный переход транзисторов при существенной разности напряжений источников питания светильников, вплоть до отключения одного из них (случайного или при замене), что всегда высоко вероятно. Если имеется необходимость подключения к А1 второго дежурного (контрольного) поста, то его светильник дополняется по схеме для А2 и подключается к соединительным линиям параллельно через дополнительный соединитель, который желательно установить заранее.

Общий вид устройства показан на **рис. 2**. Дополнительные платы изготавливают из нефольгированного текстолита толщиной 0,5...1 мм. Расположение элементов определяется соединением их посредством выводов, их отрезков и отрезков проводов МГТФ-0,12 или аналогичных. Общий вид монтажа и соединений показан на **рис. 3**. В авторских экземплярах оказалось удобнее использовать на месте VD1, VD4 диоды КД103А, которые припаяны на стороне соединений, а в качестве соединителей X1, X2 — отрезки выводов с соединителем от неисправных компьютерных вентиляторов и соответствующие штыревые соединители со старых плат. Общие данные по соединителям такого рода указаны, например, в [2]. Выводы колодок для плат были изогнуты под углом 60...70 град. и плотно вставлены на краю платы, как это хорошо видно по рисункам. Крышки для кнопок SB1, SB2 изготавливают из того же текстолита. Для крепления к плате надо сделать простую скобку из проволоки диаметром 0,5 мм и маленький уголок (по толщине кнопок), который можно легко вырезать из крышки кабель-канала 12×12 мм. Этот уголок надо приклеить к крышке клеем 88Н после высверливания в ней и в плате отверстий для скобки. Всю плату приклеивают к основанию светильника указанным клеем после подпайки в нём и вывода из корпуса проводов питания с расчётом необходимой их длины при замене элементов. Надо считать предпочтительным крепление платы через пластиковый уголок винтами-саморезами к нижнему торцу светильника, поскольку это облегчит замену элементов питания и обеспечит возможный ремонт без отрыва нижнего основания. Перед окончательной сборкой надо проверить работу устройств, спаяв необходимые провода соединителей, затем обернуть упаковочным скотчем крышки кнопок, подложив бумагу, закрепить их и обернуть этим же скотчем (двумя слоями) тыльную сторону платы. На выступающие провода кабельных соединителей рекомендую надевать трубку ПХВ с предварительным нанесением силиконового герметика на место входа их в соединитель. Общий вид дополнительной платы светильника, подготовленного к установке на постоянное место, показан на **рис. 4**. На месте эксплуатации эти провода надёжно припаивают к проводам заранее проложенного телефонного кабеля.

Рис. 4

ЛИТЕРАТУРА

1. FBMB1295A3 ELECTRIC SOUNDER. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib2/a/750/DOC062750720.pdf** (18.12.25).

2. CONNECTORS/APPLIANCES. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/774/DOC031774867.pdf** (18.12.25).

Устройство запуска микродвигателей с калильными свечами

А. ЯКОВЛЕВ, г. Ижевск, Удмуртия

Устройство предназначено для запуска калильных карбюраторных микродвигателей, особенностью которых является воспламенение топливо-воздушной смеси в цилиндре при помощи калильной свечи. Такие двигатели применяются в авиа-, судо- и автомоделизме. Как пример можно привести двигатель китайского производства ASP AP09.

Свеча рассчитана на напряжение 1,5 В, потребляемый ток в момент запуска, когда спираль холодная, доходит до 5 А. После разогрева спирали ток снижается до 2...3 А. При исправном двигателе запуск происходит за время не более 30 с. После запуска питающее напряжение со свечи снимается, двигатель переходит в рабочий режим.

Описанное в статье устройство имеет небольшие габариты и питается от одного Li-Ion аккумулятора напряжением 3,7 В и ёмкостью 2200 мА·ч. Имеется защита от короткого замыкания в нагрузке, светодиодная индикация зарядки аккумулятора, светодиодная индикация обрыва цепи питания свечи, встроенный узел зарядки аккумулятора с USB-разъёмом TYPE-C, что поз-

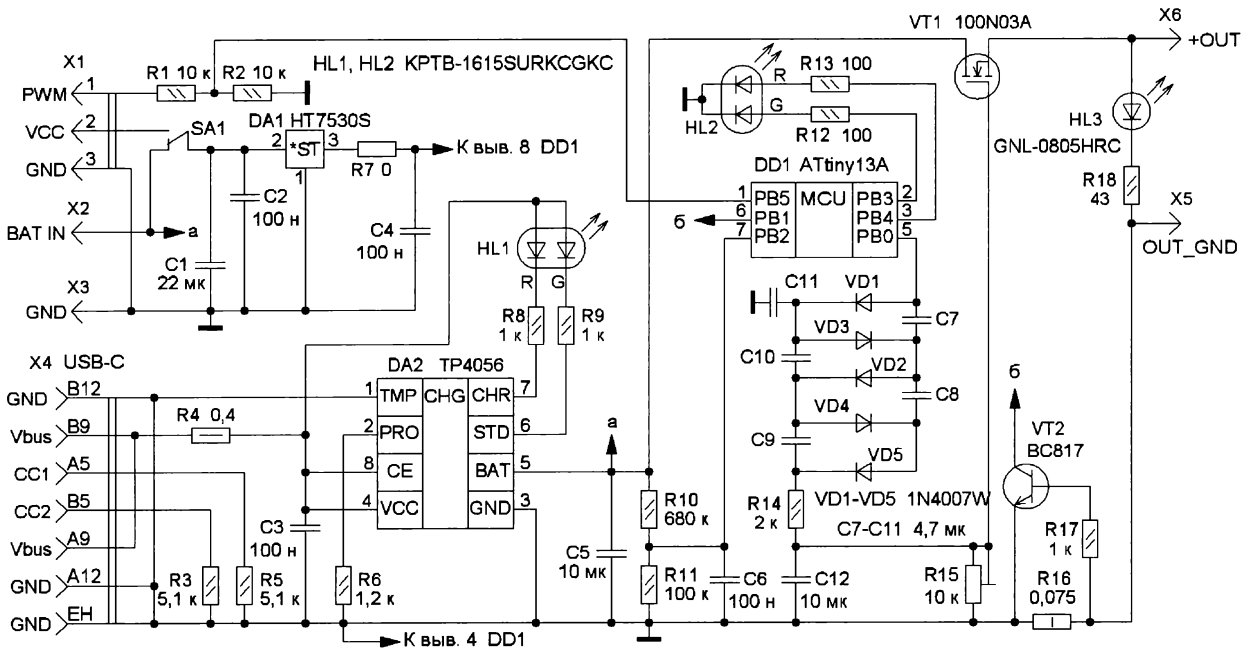


Рис. 1

воляет использовать любые совместимые зарядные адаптеры от современных смартфонов. Устройство можно использовать автономно или управлять подачей напряжения на свечу дистанционно с приёмника команд радиоуправления.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Управление работой осуществляет микроконтроллер (МК) DD1. В автономном режиме (переключатель SA1 в нижнем по схеме положении) питание от аккумулятора, подключённого к контактам X2 (плюс) и X3 (минус), поступает на стабилизатор напряжения на микросхеме DA1. С выхода стабилизатора питающее напряжение +3 В поступает на МК. Через делитель напряжения R10R11 на МК поступает напряжение аккумулятора. МК отображает напряжение аккумулятора с помощью двухцветного светодиода HL2. При напряжении более 3,8 В свечение светодиода зелёное, при напряжении 3,6...3,8 В цвет свечения — жёлтый, при напряжении менее 3,6 В цвет свечения — красный.

МК на линии порта PB0 (вывод 5) генерирует импульсы с частотой 37 кГц. На элементах VD1—VD5, C7—C11 собран умножитель напряжения, конденсатор C12 сглаживает пульсации напряжения после умножителя. Умножитель напряжения необходим для управления полевым транзистором, поскольку для нормальной работы напряжение на затворе должно превышать напряжение на истоке. Регулировка выходного напряжения на выходе X6 осуществляется изменением напряжения на затворе переменным резистором R15. На элементах VT2, R17, R16 собран детектор короткого замыкания в нагрузке. Когда напряжение на базе VT2 превысит 0,6...0,7 В, он откроется и на линии порта PB1 (вывод 6) МК DD1 будет низкий логический уровень. Это приведёт к тому, что МК отключит генерацию импульсов, включит красное свечение светодиода HL2, а затем восстановит подачу питания. Если КЗ не будет устранено, цикл повторится.

Цепь HL3R18 служит для индикации обрыва спирали свечи. На выходе (контакты X6, X5) без нагрузки будет напряжение около 3 В, и светодиод HL3 будет светить красным. При подключении исправной свечи напряжение немедленно снижается до рабочего значения, установленного резистором R15, и светодиод HL3 гаснет. При необходимости элементы HL3 и R18 можно установить в "прищепку", в которую подключают свечу, установленную на двигателе.

На микросхеме DA2 (TP4056) собран узел зарядки аккумулятора. Использована стандартная схема из документации производителя. Режимы работы: зарядка — светодиод HL1 светит красным, зарядка окончена — зелёное свечение. Максимальный ток зарядки (1 А) установлен резистором R6. При монтаже микросхемы DA2 контакт для отвода тепла на нижней части микросхемы необходимо соединить с полигоном на плате.

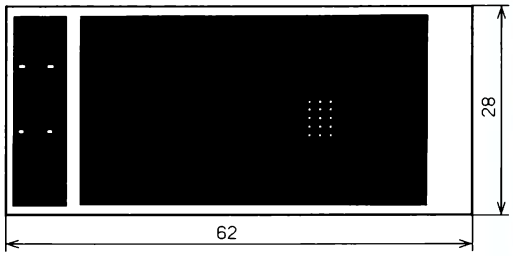
Переключатель SA1 в верхнем по схеме положении выключает устройство. Кроме этого, если подключить разъём X1 к приёмнику команд управления, например Flysky FS-IA6, можно дистанционно управлять включением или выключением накала. Для этого необходимо запрограммировать аппаратуру на две длительности сигналов: накал выключен — 1000...1499 мкс, накал включён — 1500...2000 мкс. Питание на МК DD1 в этом случае будет поступать с приёмника, а аккумулятор будет питать свечу.

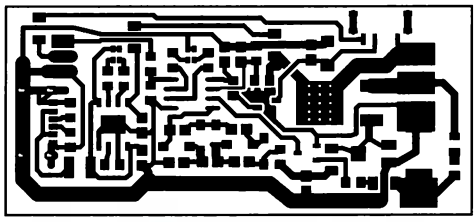
Все элементы смонтированы на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Её чертёж показан на **рис. 2**. Применены резисторы R1—R3, R5—R14, R17, R18 типоразмера 0805, причём резисторы R10, R11 должны быть с допуском не более 1 %, резистор R4 — типоразмера 1812, R16 — типоразмера 2512, подстроечный резистор R15 — 3314J. Перемычки, обозначенные на плате как 0, — типоразмера 1206. Переключатель SA1 — движковый MSK12C02, разъём X4 — TYPE-C 6P.

Элементы для поверхностного монтажа удобно устанавливать с помощью монтажного фена на паяльную пасту RL-400. Разъём X4 и переключатель SA1 устанавливают в самую последнюю очередь, аккуратно припаивая выводы паяльником. На обратной стороне платы на термопасту КПТ-8 или аналогичную необходимо установить теплоотвод — алюминиевую пластину толщиной 3 мм. Если аккумулятор будет установлен вплотную к теплоотводу, необходимо приклеить к пластине каптоновый скотч для термоизоляции. Готовое устройство помещается в прозрачную термоусаживаемую трубку.

Проверку работоспособности проводят, не подключая свечу.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru





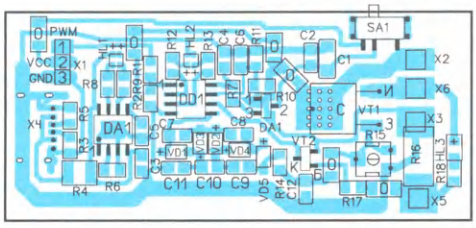


Рис. 2

Необходимо подключить источник питания с ограничением по току 500 мА к контактам X2, X3, перевести SA1 в нижнее по схеме положение. Изменяя напряжение источника от 4 до 3,2 В, надо убедиться в правильной индикации светодиода HL2. Затем подключают мультиметр к контактам X6, X5 и, вращая движок резистора R15, убеждаются в изменении выходного напряжения от 0 до 3 В. Устанавливают движок в положение, при котором на выходе между контактами X6 и X5 было напряжение 0,5 В. Затем, отключив источник питания, подключают аккумулятор, свечу и, медленно вращая движок резистора R15 в сторону увеличения напряжения, устанавливают необходимую яркость свечения спирали свечи. Отключают свечу, проверяют работу узла защиты от короткого замыкания, замкнув контакты X6 и X5 между собой на короткое время. Переводят переключатель SA1 в верхнее по схеме положение, подключают зарядное устройство (5 В, 2 А) и проверяют работу узла зарядки. При зарядке нежелательно оставлять устройство без присмотра, не перегревать аккумулятор, при длительном перерыве в работе отключать его.

Печатную плату лучше всего изготовить на заказ, например на Aliexpress. В поисковой строке необходимо набрать "изготовление печатных плат" и выбрать понравившийся магазин. Затем

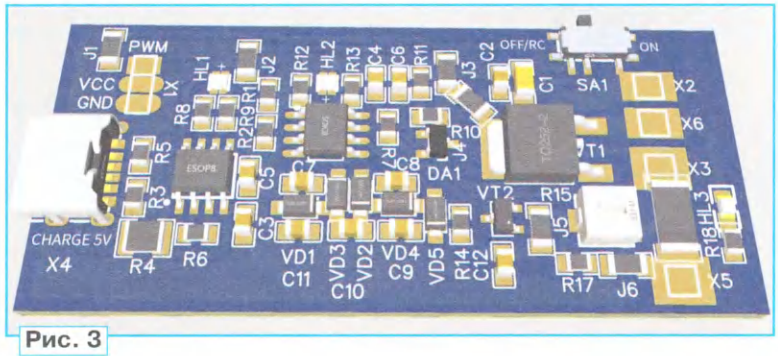


Рис. 3

необходимо связаться с продавцом и отослать ему прилагаемые gerber файлы в архиве zip. Продавец должен проверить файлы и дать дальнейшие инструкции по оплате для запуска в производство. Обычно готовые платы приходят по почте через 2...3 недели. Качество изготовленных плат очень хорошее, при достаточно приемлемой цене. Обычно, если не указано иное, в заказе приходит пять плат.

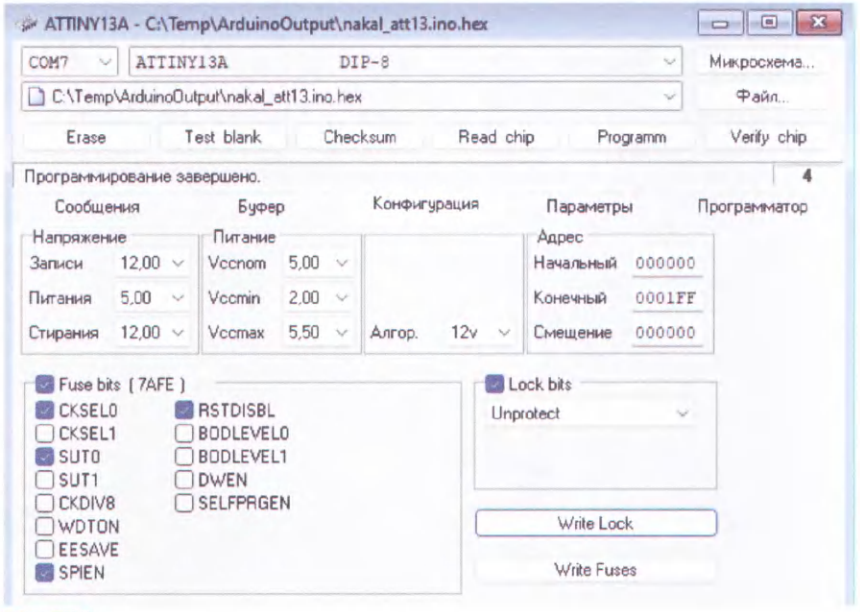


Рис. 4

Плату можно изготовить и самостоятельно. Для этого нужен двухсторонний стеклотекстолит. На верхнюю и нижнюю сторону платы методом ЛУТ или иным способом нужно нанести топологию платы. После травления залуживают проводники. На месте установки транзистора VT1 необходимо обеспечить тепловой контакт с нижней стороной платы. Для этого тонким сверлом сверлят несколько отверстий, вставляют в них медную проволоку и пропаивают. Теплоотвод можно приклеить с помощью теплопроводящего клея, например Silicone Heatsink Plaster YNPJ-922.

Смонтированная плата установлена в модель, её макет показан на **рис. 3**. При программировании МК надо установить биты конфигурации (фьюзы), которые показаны на **рис. 4**. Необходимо учитывать, что при этом вывод PB5/Reset переводится в режим порта ввода-вывода, что приведёт к отключению последовательного программирования. Повторная прошивка МК будет возможна только с применением высоковольтного программатора типа "Тритон".

От редакции. *Файлы для программирования микроконтроллера, файлы для изготовления печатной платы находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/02/svecha.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

ИК-выключатель сетевой розетки

А. ШИЛОВ, с. Екатериновка Краснодарского края

Это устройство было разработано для частного дома, в котором установлено видеонаблюдение. Монитор установлен на кухне, там же, где и телевизор. Задача устройства — на ночь отключить монитор, но при этом регистратор должен работать. Для удобства управления была задействована неиспользуемая кнопка ИК ПДУ телевизора. Использовать устройство можно и для дистанционной подачи напряжения другому потребителю, мощность которого ограничена типом применённой розетки и контактов реле.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Его основой является микроконтроллер (МК) DD1 STM32F030F4P6. Для управления используются ИК ПДУ на частоту 38 кГц и ИК-приёмник от приставок или телевизора с такой же частотой (**рис. 2**). В моём случае использован ИК-приёмник от приставки "Триколор", его подключают к разъёму XS1. Для управления розеткой можно использовать любую кнопку ИК ПДУ. Нажатие на кнопку включает напряжение в розетке, следующее нажатие выключает. Были испытаны различные ИК ПДУ от телевизора, приставок, люстр, все работали нормально. Индикация режимов работы осуществляется трёхцветным (красный, зелёный, синий) светодиодом с общим анодом, который подключают к разъёму XP2. Резистор R5 ограничивает ток через светодиод.

При подаче сетевого напряжения на разъём XT1 напряжение поступает на контакты реле K1.1 и модуль питания A1 — импульсный понижающий преобразователь с выходным напряжением 12 В. На микросхеме DA1 собран стабилизатор напряжения 3,3 В, которым питается МК и ИК-приёмник. По питанию установлены блокировочные конденсаторы C3, C5.

Резистор R4, подключённый к выводу BOOT, задаёт режим работы загрузчика, в данном случае 0. Цепь R3C4 обеспечивает сброс МК при подаче питающего напряжения. Кнопка SB1 служит для "привязки" любой кнопки ИК ПДУ к МК. Состояние этой кнопки опрашивается с частотой 100 Гц, и МК реагирует на длительное нажатие, после он переходит в режим "привязки". После привязки или ошибки МК переходит в рабочий режим. В случае ошибки "привязку" надо повторить. Если на ИК ПДУ кнопки не сильно изношены, она проходит быстро и без проблем.

Транзистор VT1 управляется ШИ-сигналом с вывода PA7 (вывод 13)

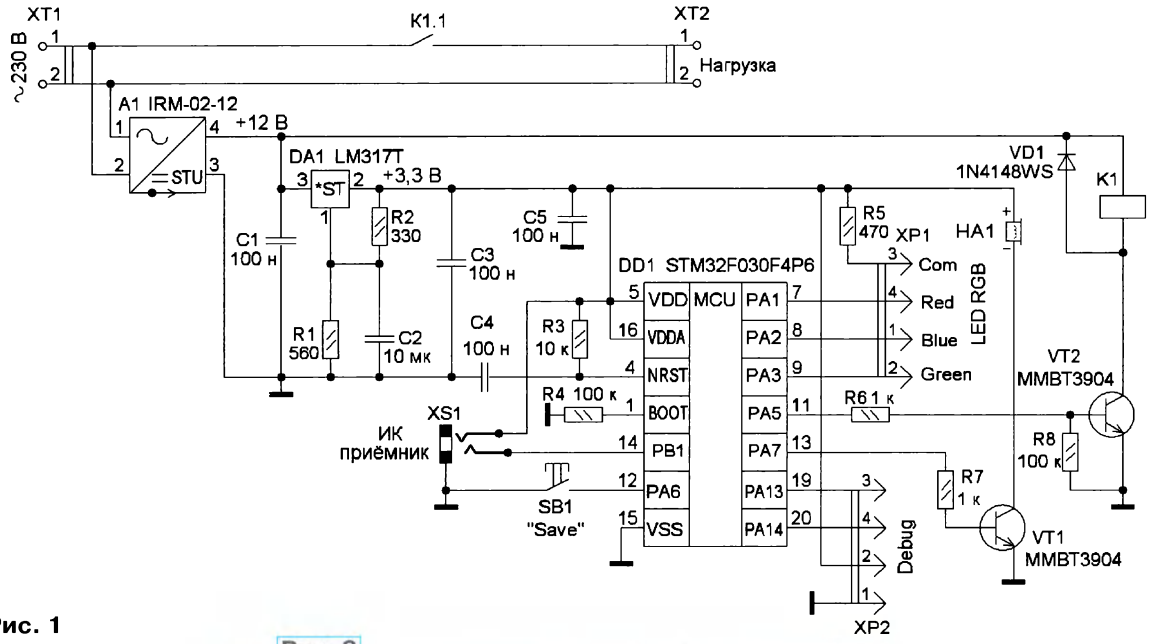


Рис. 1

Рис. 2

РАДИО № 2, 2026
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

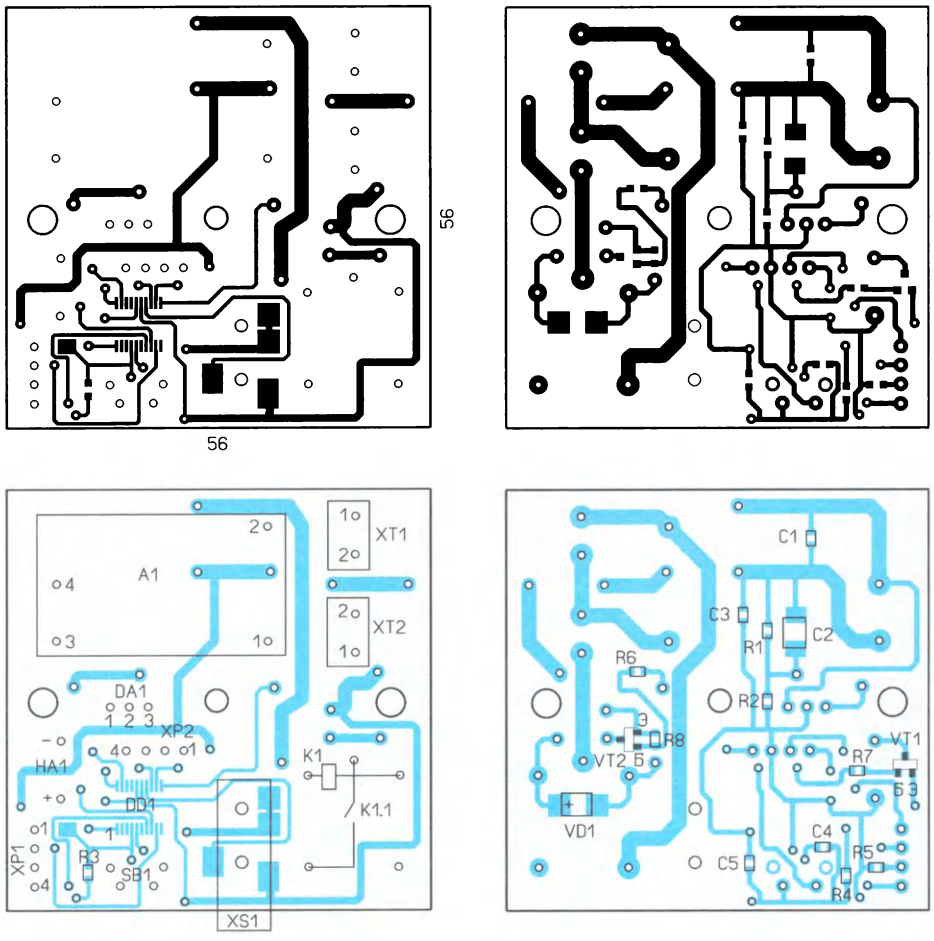


Рис. 3

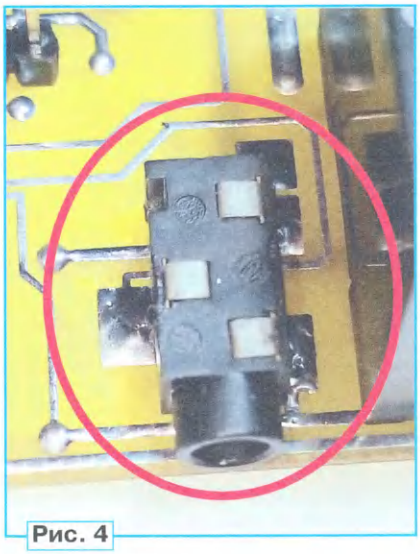


Рис. 4

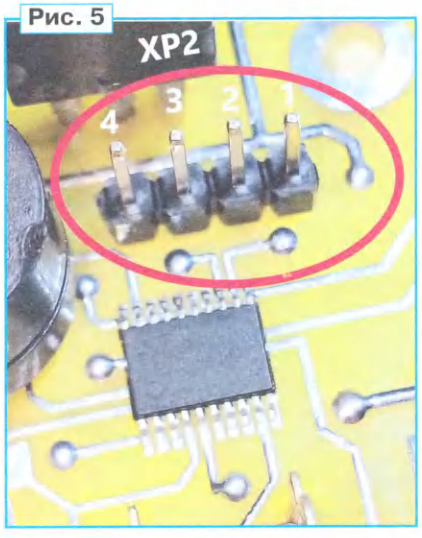


Рис. 5

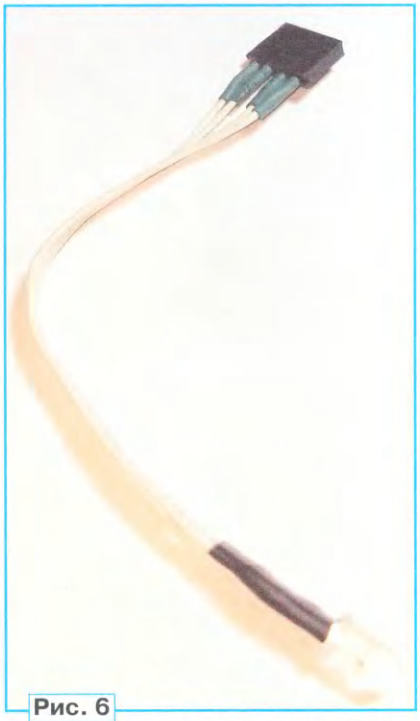


Рис. 6

МК. В коллекторную цепь транзистора включён акустический сигнализатор HA1, который и формирует звуковой сигнал. Транзистор VT2 подаёт питающее напряжение на обмотку реле K1. Диод VD1 ограничивает ЭДС самоиндукции обмотки реле при его выключении. Резистор R8 в цепи базы транзистора VT2 служит для его надёжного закрывания. От модуля A1 элементы устройства при обесточенном реле потребляют ток около 20 мА, при включённом реле — 50...60 мА. Используемый модуль рассчитан на выходной ток до 80 мА.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 7

ёмы серии PLS (**рис. 5**) и PBS (**рис. 6**). Кнопка SB1 — угловая для монтажа на плату (**рис. 7**).

Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 8** и **рис. 9**.

Для программирования МК использован программатор ST-LINK V2 (**рис. 10**), и на компьютере установлена программа STM32 ST-LINK Utilit. На разъёме программатора промаркированы контакты, их надо соединить с разъёмом XP2 Debug. Контакт GND — с контактом 1 XP2, +3,3 — с контактом 2 XP2, SWDIO — с контактом 3 XP2, SWCLK — с контактом 4 XP2. На плате есть контактная площадка, соединённая с линией NRST (вывод 4) МК. К

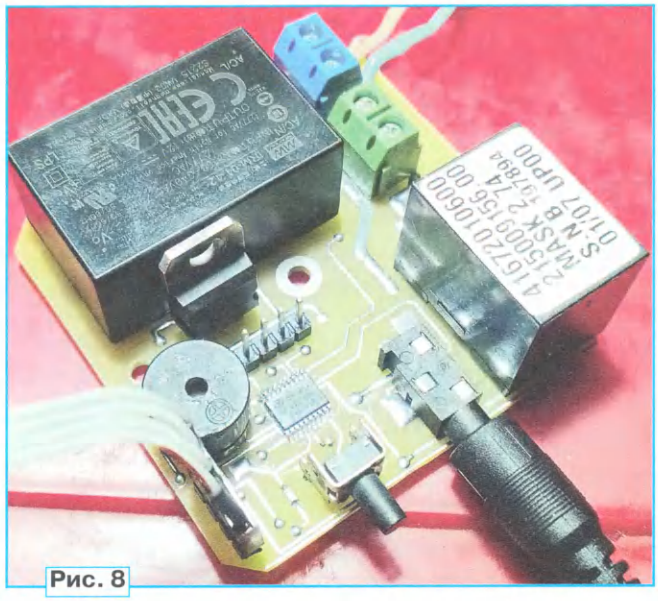


Рис. 8

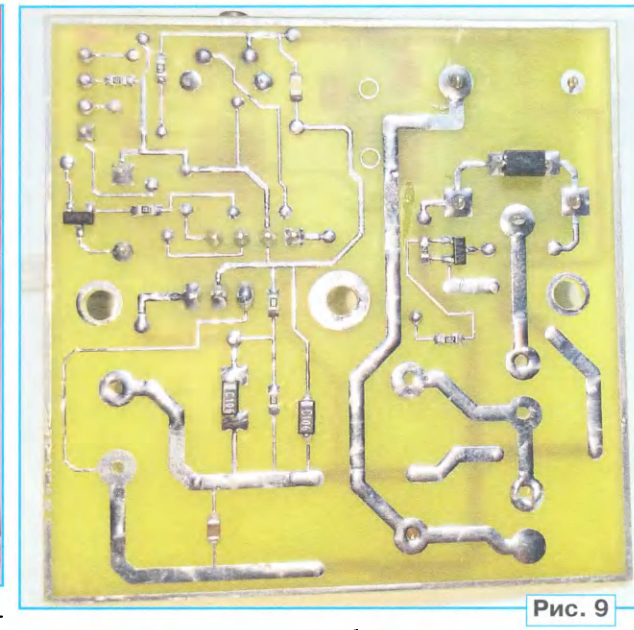


Рис. 9

Схема и печатная плата разработаны в программе CiKad. Чертёж печатной платы показан на **рис. 3**. Она изготовлена из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Применены SMD ре-

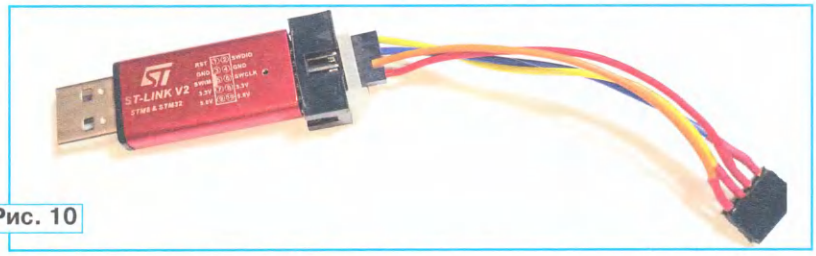


Рис. 10

зисторы и конденсаторы типоразмеров 0805, 1206 (кроме C3 — у него типоразмер 1210). Транзисторы — любые маломощные структуры п-р-п с допустимым током коллектора не менее 100 мА. Гнездо для ИК-приёмника — для поверхностного монтажа (**рис. 4**). Для подключения программатора и светодиода использованы однорядные разъ-

ней нужно временно припаять отрезок провода, соединить с общим проводом, прижать и нажать на кнопку Connect в программе STM32 ST-LINK Utility. МК сбросится и прочитается программой. Это нужно для того, чтобы просто сбросить МК, иначе пришлось бы устанавливать дополнительную кнопку между линией NRST и общим проводом.

После программирования МК и потом, в случае смены ИК ПДУ или смены кнопки на нём, нужно обновить привязку . Для этого нажимают на кнопку и удерживают её около 1 с. Должен зазвучать прерывистый сигнал, при этом светодиод будет вспыхивать синим цветом. После окончания сигнала, когда светодиод будет светить синим постоянно, надо на ИК ПДУ кратковременно нажать на выбранную кнопку, при этом должен появиться прерывистый звуковой сигнал. Далее нужно нажать ещё раз на эту же кнопку, всё повторится. Если команды пройдут удачно, раздастся длинный тональный звуковой сигнал, это означает, что кнопка "привязалась" и сохранилась в памяти МК. После чего устройство всегда будет работать с этим ИК ПДУ и этой кнопкой. Потом устройство перейдёт в ждущий режим, и светодиод будет светить красным цветом.

Для включения розетки нужно нажать на выбранную кнопку ИК ПДУ, прозвучит короткая мелодия, светодиод вспыхнет десять раз зелёным цветом, сработает реле и подаст напряжение в нагрузку. Пока светодиод вспыхивает, ИК-приёмник будет заблокирован. Это сделано для случая, если к розетке подключён телевизор и привязана кнопка Power на ИК ПДУ телевизора, и вторым нажатием его нужно включить ("Прошивка 1"). В "Прошивке 2" тайминги минимальны, работает без задержек (для монитора).

Налаживания устройство не требует. Всего было собрано пять экземпляров, все работают без проблем.

От редакции. *Чертежи печатной платы и все материалы проекта находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/02/ik.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

РАДИО
E-mail: mail@radio.ru
о связи
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Дед Мороз из Великого Устюга открыл год активности радиолюбителей РТРС

12 января 2026 г. в деревне Верхнем Якутино под Великим Устюгом стартовал год активности радиолюбителей, организованный РТРС — оператором крупнейшей в мире цифровой эфирной телесети. Российский Дед Мороз выйдет в коротковолновый эфир и проведёт радиосвязи с любительскими радиостанциями России и других государств. Это станет символическим началом общероссийской акции — радиоэкспедиции, которая будет состоять из 12 этапов.

Со стороны Вологодской области в мероприятии примут участие заместитель губернатора Александр Бурыкин, министр цифрового развития Анастасия Ильина, главы муниципальных образований области, со стороны РТРС — заместитель генерального директора Виктор Горегляд.

Акция приурочена к 25-летию РТРС, проводится при поддержке Союза радиолюбителей России и направлена на популяризацию малых и средних городов России. Первый этап акции прошёл в Вологодской области с 11 по 19 января 2026 г. в деревне Верхнее Якутино Великоустюгского муниципального округа, городе Тотьма и селе Липин Бор. Населённые пункты выбраны неслучайно: Верхнее Якутино находится рядом с Великим Устюгом — родиной Деда Мороза, Тотьма входит в список особо ценных исторических городов России, сохранивших как планировку, так и большую часть старинной застройки, рядом с селом Липин Бор действует самый высокий объект связи в регионе — 350-метровая мачта.

"В среде радиолюбителей ценится выход в эфир из необычных и экзотических мест. В выбранных для акции в Вологодской области населённых пунктах проживают от 37 до 31300 человек, одновременно это культурно значимые места. Энтузиастам, увлекающимся радиоспортом, будет интересно установить радиосвязи с коллегами, работающими с

Директор филиала РТРС в Вологде Анатолий Владимирович Шарымин дарит Деду Морозу цифровую приставку.

"редких" территорий. За восемь месяцев 2026 г. работники РТРС объедут более 30 примечательных малых городов и сёл и из каждого будут связываться с радиолюбителями со всего мира. Так что об этих местах узнают в десятках стран", — рассказал заместитель генерального директора РТРС Виктор Горегляд.

Радиомарафон РТРС пройдёт в таких регионах, как Тамбовская и Воронежская области, ДНР, Адыгея, Бурятия, Хакасия, Крым, Севастополь, Краснодарский, Красноярский, Приморский и Хабаровский края. Завершится акция 13 августа, в день рождения РТРС.

Принять участие в акции могут все желающие. За сеансы радиосвязи с коллективными и индивидуальными радиостанциями РТРС будет высылать памятные дипломы "Радиобашни России" (RTR) и юбилейные вымпелы RTRN-25. Подробные условия участия в акции размещены на сайте РТРС.РФ в разделе "Радиолюбительские дипломы РТРС" (**https://volgograd.rtrs.ru/press/towers/**).

Функция Play Back в трансивере в режиме передачи

И. ПАРАМОНОВ (RX3AAS), г. Москва

Иногда, работая в эфире, корреспондент просит описать своё звучание с целью коррекции АЧХ микрофонного тракта. В этом случае лучше дать услышать его сигнал ему самому. Компьютер, звуковой пульт может быть не подключён или отсутствовать. Но эту функцию можно организовать в некоторых трансиверах, например, таком, как FTDX-3000. В нём встроен регистратор эфира, который записывает принимаемый звуковой сигнал длительностью 15 с. Записывать и прослушивать его можно, но вывести на передачу — нет. Соберите и подключите согласующее устройство, схема которого показана на **рис. 1**, и эта возможность появится.

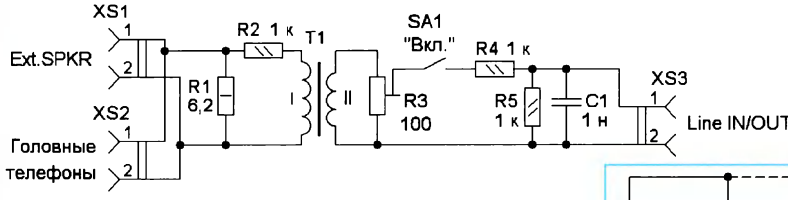


Рис. 1

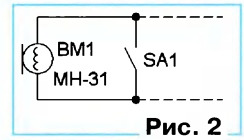


Рис. 2

Для подключения этого устройства используются разъёмы Ext.SPKR и Line IN/OUT на задней стенке трансивера, которые расположены рядом. Уровень воспроизведения сигнала на Ext.SPKR не зависит от положения регулятора AF, а зависит только от установки в меню уровня прослушивания MONI. В моём случае установлено 35 единиц. Под него и настраивают резистором R3 напряжение 5...10 мВ (пик-пик) на входе Line IN (вход микрофона).

Кнопку MONI оставляют включённой, шумоподавитель SQL надо выключить. Головные телефоны нужно вынуть из гнезда Phones трансивера и подключить к разъёму XS2 "Головные телефоны" устройства. Чтобы исключить акустическую завязку, тангенту МН-31 дорабатывают в соответствии с **рис. 2**, в которой микрофон замыкают с помощью движкового выключателя SA1. Записанный из эфира фрагмент запускается кнопкой P/B на пульте FH-2 после включения PTT. Согласующий аудиотрансформатор T1 (LM-NP-1001-B1) необходим для уменьшения связи между выходом и входом по корпусу. Этим устраняется "звон" при громком сигнале.

Большинство деталей смонтировано навесным монтажом, они вместе с разъёмами размещаются в корпусе подходящего размера, можно пластмассовом. Соединение с разъёмами трансивера надо делать короткими экранированными проводами. Мой вариант устройства показан на **рис. 3** и **рис. 4**, его можно оставить подключённым к трансиверу постоянно, на обычную работу это не влияет. Применены постоянные резисторы — МЛТ, С2-23, подстроечный — СП, СПО, разъёмы XS1, XS2 — ОНЦВГ-5 (СГ-5) и ответные на провод. XS3 — гнездо типа RCA и ответный штырь на провод. Для подключения к трансиверу, согласно руководству, нужен разъём Jack 3,5 мм с двумя контактами (Ext.SPKR) и Jack 3,5 мм с тремя контактами (Line IN/OUT). SA1 — тумблер ПТ17-1.

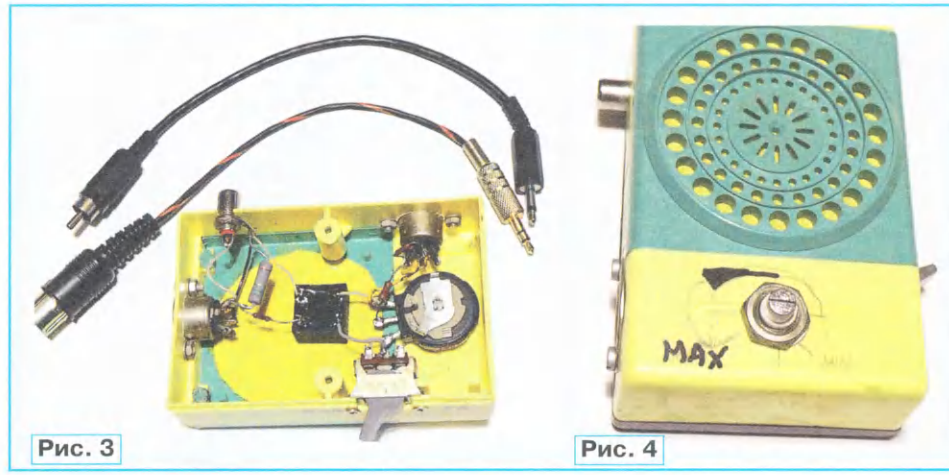


Рис. 3 Рис. 4

РАДИО
начинающим
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Литий-ионный аккумулятор 1,5 В и его совместная работа с зарядным устройством

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В настоящее время всё большее распространение и, соответственно, популярность, получают Li-Ion аккумуляторы (далее — устройство) с выходным напряжением 1,5 В типоразмеров АА и ААА, например [1]. Кроме собственно аккумулятора напряжением 3,7 А, они содержат понижающий преобразователь напряжения 3,7/1,5 В и узел зарядки. Для подключения зарядного устройства (5 В) в таком аккумуляторе имеется USB-разъём, например USB-C (**рис. 1**). Маркировка на аккумуляторе: AA, 1.5V, 2600 mWh, 1200 times. Это означает, что максимальная запасённая энергия — 2,6 Вт·ч, число циклов зарядки/разрядки — 1200.

Такие аккумуляторы можно использовать взамен Ni-Cd, Ni-Mh аккумуляторов и гальванических элементов соответствующих типоразмеров в самых различных радиоэлектронных приборах и устройствах. Но не во всех, так как у таких Li-Ion аккумуляторов имеются некоторые особенности. Поскольку преобразователь напряжения работает постоянно, потребляемый им ток хоть и небольшой, но превышает ток саморазрядки, что приводит к ускоренной разрядке самого Li-Ion аккумулятора без подключённой нагрузки. Видимо, поэтому на упаковке и на самом аккумуляторе есть сообщение: "Необходимо зарядить перед использованием в случае хранения более трёх месяцев".

Скорее всего, использование такого аккумулятора в устройствах с малым потребляемым током может быть неоправданным, поскольку продолжительность работы может быть меньше, чем при питании от гальванического элемента. Это относится, например, к электронно-механическим и тем более к электронным часам.

Рис. 1

Рис. 2

Вскрытие этого аккумулятора (**рис. 2**, **рис. 3**) показало, что в нём установлен Li-Ion аккумулятор 4 с маркировкой 13400, 3,7 В, 2,04 Wh, где 13400 — типоразмер (диаметр — 13 мм, длина — 40 мм), 2,04 Вт·ч — максимальная запасаемая энергия. Это означает, что никаких 2600 мВт·ч (как указано в маркировке) быть не может. Кроме этого, в корпусе размещена печатная плата 2 с элементами преобразователя, USB-разъёмом и ленточными металлическими выводами. Длинный вывод контактирует с плюсовым выводом аккумулятора, короткий — через металлический корпус устройства и металлическую прокладку 5

Рис. 3

(диаметр — 12 мм, толщина — 3,5 мм) с минусовым выводом аккумулятора. На плате установлена микросхема с плохо читаемой маркировкой (возможно IP5167, информацию найти не удалось), накопительный дроссель и несколько других пассивных элементов. На другой стороне платы установлен металлический контакт — вывод +1,5 В всего устройства. Плата 2 размещается в пластмассовой прокладке-держателе 3 и закрывается крышкой-фиксатором с центральным отверстием для металлического контакта. Все элементы вставляются в корпус в показанном на рис. 3 порядке.

Особенностью этого аккумулятора является нестабильность выходного напряжения в процессе разрядки. Поэтому была проверена зависимость выходного напряжения аккумулятора от времени при нагрузке сопротивлением 15 Ом, и заодно измере-

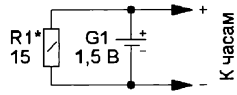


Рис. 4

на его ёмкость в миллиампер-часах. С этой целью использованы самые простые электронно-механические часы с питанием от одного гальванического элемента. Такой способ измерения был предложен в [2], схема измерений показана на **рис. 4**.

При полностью заряженном аккумуляторе выходное напряжение — 1,55 В. По мере разрядки напряжение сначала уменьшается плавно, некоторое время остаётся практически постоянным, а при достижении 1,2 В начинает резко уменьшаться, и затем преобразователь отключается (**рис. 5**), срабатывает защита Li-Ion аккумулятора от переразрядки. Максимальный ток разрядки устанавливают подборкой резистора R1, в данном случае он будет около 100 мА. Не следует устанавливать большой ток для ускорения процесса измерения, поскольку параметры преобразователя напряжения неизвестны.

Таким образом, встроенный преобразователь напряжения нестабилизированный, с коэффициентом преобразования 0,34...0,36. Поэтому этот аккумулятор ведёт себя как гальванический элемент — при разрядке напряжение уменьшается.

По этому графику можно приближённо рассчитать реальную ёмкость всего устройства, она оказалась $C_y \approx 1300$ мА·ч. Но на нём указана ёмкость, а точнее, запасённая энергия $E_y = 2600$ мВт·ч, которую можно пересчитать в $C_y = E_y/U$, где U — среднее напряжение (1,3 В). Поэтому заявлена ёмкость $C_a \approx 1800$ мА·ч. Если у собственно аккумулятора запасённая энергия 2004 мВт·ч, у всего устройства ёмкость должна быть $C_a \approx 2004/1,3 \approx 1551$ мА·ч, что при сравнении с рассчитанной ёмкостью (1300 мА·ч) можно считать удовлетворительным результатом, поскольку часть энергии расходуется в преобразователе напряжения.

Частота работы преобразователя — около 500 кГц, ток, потребляемый им без нагрузки, — около 4 мкА.

Была проверена нагрузочная способность аккумулятора при изменении тока нагрузки. У свежезаряженного аккумулятора при увеличении тока от нуля до 500 мА выходное напряжение уменьшается с 1,55 В до 1,51 В.

Необходимо отметить, что приведённые параметры могут относиться именно к исследуемому типу аккумуляторов, а не ко всем аналогичным.

При установке этого аккумулятора в батарейный отсек часов и подключении сетевого зарядно-

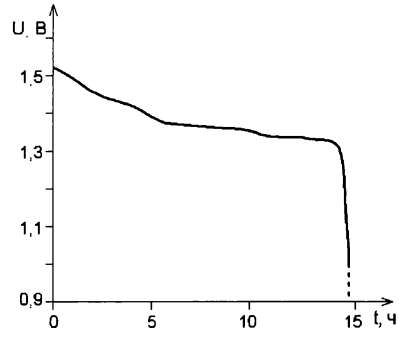


Рис. 5

го устройства такой аккумулятор будет выполнять функции буферного источника питания или аварийного в случае пропадания сетевого напряжения.

Наиболее эффективным может быть применение такого аккумулятора для питания аппаратуры, которая потребляет ток несколько десятков миллиампер. Совместная работа аккумулятора с зарядным устройством обеспечивает надёжное бесперебойное питание, поскольку зарядное устройство будет периодически подзаряжать аккумулятор, а он будет питать аппаратуру при отсутствии сетевого напряжения.

Например, можно снабдить простые электронно-механические часы подсветкой, которая в тёмное время суток одновременно выполняет функции ночника. Именно такая конструкция и предлагается вниманию читателей. Схема подсветки показана на **рис. 6**. Она содержит известный импульсный повышающий преобразователь напряжения на транзисторе VT1 и трансформаторе T1. Генерация импульсов обеспечивается за счёт положительной обратной связи через обмотку связи I трансформатора. Импульсы напряжения с коллектора транзистора поступают на светодиоды (один или несколько одинаковых), которые светят. Перемычка нужна для того, чтобы при необходимости подсветку выключить.

Без зарядного устройства аккумулятора хватило на 30 ч работы часов и подсветки.

Конструкция подсветки была адаптирована для электронно-механических часов с размерами корпуса 59×56×26 мм, при условии, что их доработки не потребуется. У этих часов циферблат закрыт съёмной пластмассовой прозрачной крышкой (**рис. 7**), снизу которой и должны быть расположены светодиоды подсветки. Все элементы смонтированы на односторонней печатной

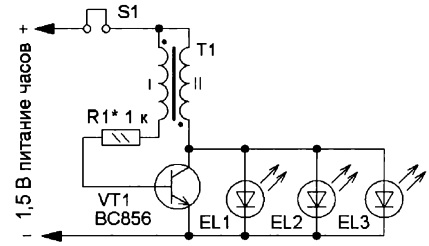
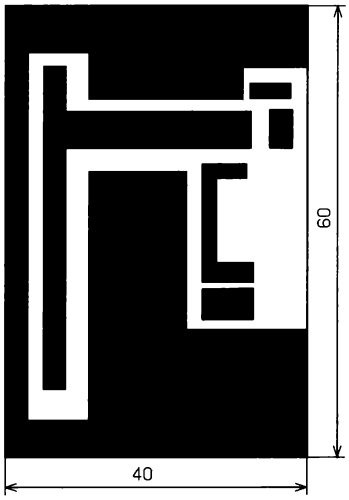


Рис. 6

плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (**рис. 8**). Применены светодиоды для поверхностного монтажа белого свечения типоразмера 2835 с номинальным напряжением 3...8 В. Можно применить и цветные светодиоды, но, конечно, одинаковые. Резистор — типоразмера 0805, 1206, его подборкой устанавливают требуемую яркость подсветки при минимальном токе потребления. Трансформатор намотан на кольцевом ферритовом магнитопроводе диаметром 8...10 мм и содержит 12 витков вдвое сло-

Рис. 7



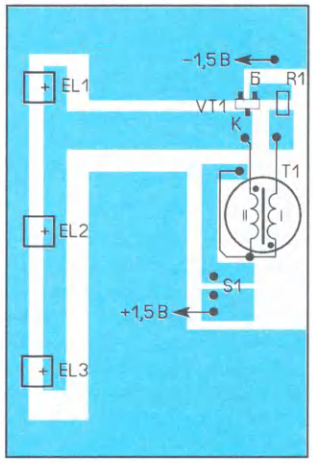


Рис. 8

Рис. 9

выключатель. Смонтированная плата показана на **рис. 9**.

Поскольку светодиоды должны быть расположены под нижней частью прозрачной защитной крышки часов, сами часы закреплены в средней части платы с помощью двухстороннего клеящего скотча (**рис. 10**). Чтобы часы не давили на светодиоды, толщина скотча должна быть больше толщины светодиодов. Можно проложить несколько слоёв скотча. Для более равномерного освещения циферблата в верхней части защитной крышки можно наклеить полоску светоотражающего материала, например белой бумаги. После установки часов к верхней части его контактов в батарейном отсеке надо быстро и аккуратно припаять отрезки изолированного провода, которые затем припаивают к соответствующим контактным площадкам платы. Аккумулятор устанавливают в батарейный отсек так, чтобы был доступен USB-разъём, и подключают к нему зарядное устройство (**рис. 11**). Для защиты от механических воздействий трансформатор, транзистор и резистор можно залить термоклеем.

Таким образом, используя Li-Ion аккумуляторы типоразмера AA, AAA или другими с выходным напряжением 1,5 В совместно с сетевым зарядным устройством, можно обеспечить надёжное электропитание различной низковольтной радиоэлектронной аппаратуры.

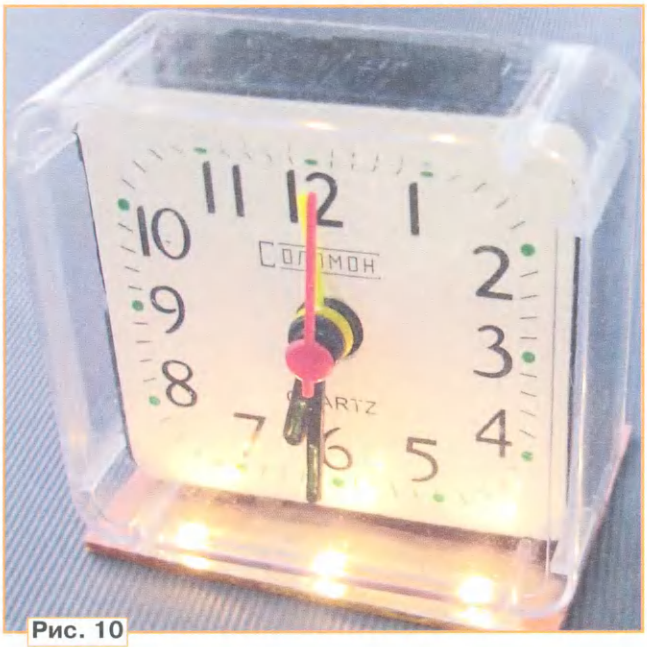


Рис. 10

Рис. 11

женного обмоточного провода диаметром 0,2 мм. После намотки выводы соединяют в соответствии со схемой. Перемычка S1 сделана из однорядных разъёмов PLS и PBS, вместо неё можно установить малогабаритный кнопочный или движковый

ЛИТЕРАТУРА

1. Перезаряжаемые литий-ионные батареи SMARTOOOLS 1.5 В AA 2600 мВт ч. — URL: **https://aliexpress.ru/item/1005008068580210.html?sku_id=12000043524306691** (30.11.25).

2. **Нечаев И.** Измеритель ёмкости аккумуляторных батарей. — Радио, 2009, № 2, с. 29, 30.

От редакции. *Чертёж печатной платы имеется по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/02/AAA.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Доработка электронного пугала

М. МАКСИМОВ, г. Калининград

После публикации в журнале "Радио" статьи [1] для проведения экспериментов было приобретено два электронно-механических пугала. Один экземпляр мог только махать крыльями, другой же был точно такой, как в [1], со светодиодами и динамической головкой. Обе конструкции имели одинаковую механическую часть. По числу зубьев шестерёнок было рассчитано, что момент вращения электромотора передаётся на крылья с замедлением 9/36 и 9/40 соответственно. Один полный цикл движения крыльев соответствует примерно 18 оборотам электродвигателя. При 5000 об/мин крылья должны двигаться с частотой около 4,7 Гц.

Схема электронной части более продвинутого варианта показана на **рис. 1**. Небольшая печатная плата с единственной микросхемой без маркировки и некоторыми другими деталями имеет несколько контактных площадок, из которых задействованы пять. К контактам с обозначением SP подключена динамическая головка BA1, к контакту + — плюсовые выводы аккумуляторной батареи GB1, светодиода HL1 и электромотора M1. К контакту –V подключён минусовый вывод электромотора M1, через выключатель SA1 — минусовый вывод аккумуляторной батареи.

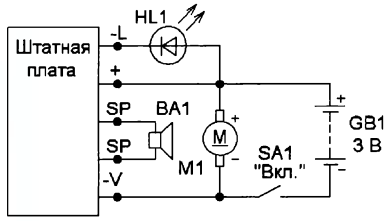


Рис. 1

Электрические соединения внутри устройства выполнены очень тонкими проводами, которые можно случайно оторвать. Кроме того, из-за довольно большого потребляемого тока, падение напряжения на этих проводах существенное, поэтому их лучше заменить более надёжными и толстыми.

Полевые испытания пугала подтвердили быстрое исчерпание заряда аккумуляторной батареи, также выяснилось, что ресурс движущихся механических деталей небольшой. Пластиковые шестерёнки и сочленения крыльев постепенно изнашиваются, ещё больше увеличивая трение и потребляемый ток. При вскрытии корпуса в нём было обнаружено много пластмассовой пыли. Поэтому во втором экземпляре на все движущиеся детали сразу была нанесена густая смазка, что резко уменьшило износ. Также стало понятно, что обороты двигателя слишком высокие и их вполне можно уменьшить, снизив питающее напряжение. На громкость звукового сигнала и яркость свечения светодиода это сильно не повлияло. Снижение частоты взмахов крыльев уменьшило потребляемую энергию и увеличило ресурс двигателя и движущихся узлов. Кстати, у первого экземпляра в конце испытаний двигатель заклинило. Поэтому в цепи питания желательно предусмотреть ограничитель тока.

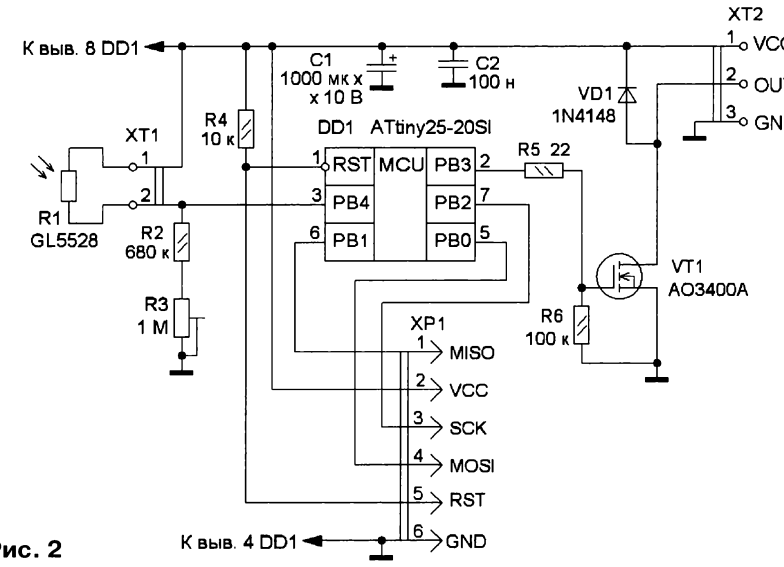


Рис. 2

Разборка двигателя показала, что неисправным оказался коллектор. Излишне жёсткие щётки и тонкие, как фольга, контактные площадки коллектора привели к тому, что часть площадок просто протёрлась до основы, т. е. контакт со щёткой полностью отсутствовал. Через некоторое время перегорел светодиод, который был заменён другим — красного свечения.

Несмотря на указанные недостатки, пугало показало довольно высокую эффективность защиты, особенно вариант со звуковыми сигналами. Мелкие и средние птицы: воробьи, дрозды и скворцы не подлетали к черешне на несколько метров. При выключении пугала через некоторое время птицы начинали смелеть и в итоге садились на ветки. И только большая ворона могла сесть на дерево при включённом устройстве, и то лишь с противоположной от пугала стороны. Причём, сорвав ягоду, она быстро улетала, поэтому ущерб от неё невелик.

За несколько лет автор использовал множество видов отпугивателей, и описанные устройства, на его взгляд, наиболее эффективны. Различные муляжи человека, подвешенные ленты из фольги, DVD, пластинки с изображениями глаз малоэффективны. Неплохой обзор отпугивателей птиц проведён в [2]. Там победителем стал воздушный змей на штанге, парящий над деревом. Автору довелось наблюдать работу такого отпугивателя. Птицы действительно боялись и близко не подлетали. Однако у подобного устройства, несмотря на его простоту и эффективность, есть и существенный недостаток — ему нужен хотя бы небольшой ветер. Если

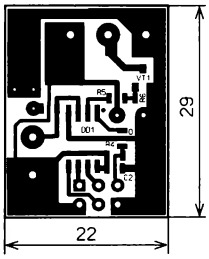
он прекратится, змей будет безжизненно болтаться и перестанет выполнять свою функцию.

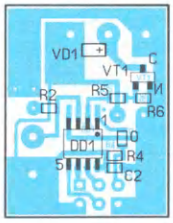
Идея повторно-периодического включения пугала, описанная в [1], хороша не только тем, что уменьшает потребляемую энергию, но и тем, что продлевает ресурс механических узлов. На основе этой идеи была разработана схема устройства, показанная на **рис. 2**. В отличие от [1], в ней применён недорогой микроконтроллер (МК), что позволило уменьшить размеры печатной платы, а также сделать продолжительность работы и пауз случайными, что снизило привыкаемость птиц к работе пугала. Кроме того, установлен датчик освещённости, который запрещает работу устройства в темноте, поскольку ночью птицы не летают. Это значительно повышает ресурс и снижает потребление энергии.

Рис. 3

МК на линии PB3 (вывод 2) периодически выдаёт напряжение, соответствующее лог. 1 и открывающее полевой транзистор VT1, который подаёт питающее напряжение на электродвигатель M1 и штатную плату пугала. Также МК периодически проверяет напряжение на линии PB4 (вывод 3), к которой подключён фоторезистор R1. Если уровень освещённости ниже порогового, на этом выводе будет лог. 0 и транзистор VT1 открываться не будет.

На взгляд автора, оптимальное напряжения питания устройства — 2,5...2,7 В. У МК ATtiny25 минимальное напряжение питания — 2,7 В. Однако, если снизить тактовую частоту до 1 МГц, он устойчиво работает и при напряжении питания 2,5 В. При напряжении питания 2,7 В максимальный потребляемый ток — около 600 мА. Для применённого полевого транзистора AO3400 падение напряжения на канале составило 0,05 В, это совсем неплохо для небольшого напряжения затвора, учитывая, что транзисторы куплены в Интернете, и, как указано в [3], нередки случаи их перемаркировки.





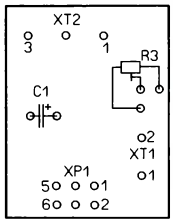


Рис. 4

Программа для работы микроконтроллера написана в среде Arduino IDE и очень проста. В начале программы назначаются выводы МК для подключения транзистора и фоторезистора. В основном цикле проверяется освещённость, и при её достаточном уровне циклически активируется ключ, подающий питание на электромотор и другие узлы. Все временные значения в программе делятся на восемь для соответствия реальным значениям, поскольку использован внутренний делитель частоты для снижения потребления МК и надёжной работы при низком напряжении питания. Номера выводов, а также интервалы возможных значений длительностей работы и паузы при желании можно легко изменить в программе с последующей перекомпиляцией. Для получения скомпилированного файла (файла прошивки) в среде Arduino IDE нужно открыть скетч, выбрать плату ATTinyCore и далее ATtiny25/45/85 (No bootloader). Можно применить любой МК ATtiny25/45/85 без изменения схемы и скетча, поскольку они отличаются только объёмом флеш-памяти. Если же поддержка ядра ATtiny не установлена, следует в меню "Файл/Настройки" добавить в строку "Дополнительные ссылки для Менеджера плат" следующую ссылку **http://drazzy.com/package_drazzy.com_index.json**. Далее в меню "Скетч" выбрать экспорт бинарного файла. По окончании компиляции в папке со скетчем появится файл с расширением ***.hex**.

Для программирования МК на плате предусмотрен разъём XP1. Поскольку он не имеет ключа, нужно следить за правильностью подключения. К разъёму подключают кабель популярного программатора USB-ASP, а сам программатор подключают к USB-разъёму компьютера. Питание на МК подаётся от программатора, поэтому внешнее питание на МК подавать не нужно, также на время программирования желательно отсоединить остальные элементы устройства. Далее запускают бесплатную программу AVRDUDEPROG, в поле "Микроконтроллер" необходимо выбрать тип используемого МК, например, ATtiny25. В окне Fuses нужно установить фьюзы в соответствии с **рис. 3** и нажать на экранную кнопку "Программирование". Затем в окне Program в поле Flash указывают путь к файлу ***.hex**. Нажимают на кнопку "Программирование", и через некоторое время появится сообщение об успешном завершении процесса.

Плата изготовлена из одностороннего фольгированного текстолита толщиной 1,5 мм (**рис. 4**). В основном применены SMD эле-

менты, резисторы и конденсаторы, а также перемычка типоразмера 0805. Подстроечный резистор можно использовать любой подходящий по конструкции, с номинальным сопротивлением 0,2...2 МОм. Полевой транзистор должен долговременно выдерживать ток до 1 А и отрываться при напряжении на затворе 2 В, а также иметь небольшое сопротивление открытого канала. Фоторезистор — GL5528, можно использовать и другой, но, возможно, при этом потребуется подобрать резисторы R2 и R3.

При первом включении движок подстроечного резистора устанавливают в крайнее верхнее по схеме положение. Для настройки желаемого порога освещённости в тёмном помещении медленно вращают движок подстроечного резистора до выключения устройства.

Плату с МК устанавливают в батарейный отсек и подключают фоторезистор и штатную плату пугала (**рис. 5**). В крышке батарейного отсека делают отверстие для фоторезистора. Поскольку устройство работает в сложных погодных условиях, а батарейный отсек негерметичен, плату желательно покрыть несколькими слоями лака. Для этого после проверки работоспособности, плату снова извлекают из отсека, заклеивают защитной лентой контакты разъёмов и фоторезистор и покрывают электроизоляционным лаком, например, PLASTIK-71. После высыхания всех слоёв плату окончательно устанавливают в отсек и снова подключают.

На вершине дерева был закреплён стальной тросик, на котором привязана леска длиной около 1 м, идущая в комплекте с пугалом. На конце лески имеется крючок, зацепляемый за проушину в верхней части пугала. В конечном итоге автор отказался от установки аккумуляторной батареи, а подвёл провода сечением 0,35 мм^2 от блока питания, которые были закреплены в нескольких местах на тросике. В этом случае в хвостовой части пугала нужно закрепить небольшой груз, чтобы восстановить исходное положение центра тяжести в отсутствие массивной аккумуляторной батареи. Разъём для подключения внешнего блока питания было решено не устанавливать, а просто вывести из пугала небольшие отрезки проводов наружу. После закрепления пугала на леске эти провода соединяют скруткой с питающими, с соблюдением полярности и места скрутки обматывают изолентой. Таким образом, при необходимости пугало можно достаточно быстро заменить другим, подготовленным заранее.

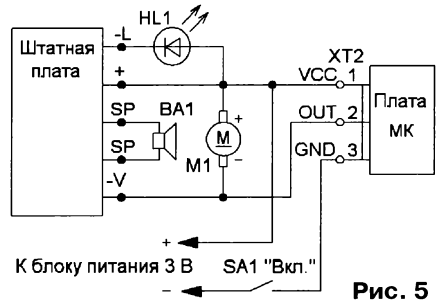


Рис. 5

Для питания конструкции применялся небольшой лабораторный блок питания GOPHERT CPS-3205, но можно применить и другой с выходным напряжением 2,5..3 В и током не менее 1 А, желательно с возможностью ограничения тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алешин П.** Таймер для электронно-механического пугала. — Радио, 2025, № 2, с. 53—55.

2. Самый эффективный отпугиватель птиц. — URL: **https://youtu.be/p7wbupvEF-o** (08.12.25).

3. Мелкие полевые транзисторы с Али (SI230x, AO340x) и их реальные параметры. — URL: **mysku.club/blog/aliexpress/102345.html** (08.12.25).

От редакции. *Чертёж печатной платы и видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/02/pugalo.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Песочные часы-пробирка на ESP32 и TFT 76×284 ST7789

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

Основой конструкции служит самодельный модуль (**рис. 1**), который является видоизменённым вариантом кнопки-дисплея [1]. Плоскость экрана и плоскость нажатия на кнопку в нём образуют угол 90 градусов. Высота дисплея существенно больше его ширины. В дальнейшем планируется применение комплекта таких модулей при изготовлении ещё одной версии игры "Шарики в колбах" [2]. На начальном этапе был собран единичный экземпляр для проверки работоспособности всей концепции. Модуль дисплея 2 сверху обрамлён пяткой-площадкой 1 для нажатия на кнопку. Усилие нажатия передаётся через модуль 2 на основание 3, помещённое в шахту 4. Нижняя плоскость основания надавливает на мембрану 5, а та, в свою очередь, непосредственно на толкатель кнопки. Щели 6 и 7 позволяют выводить шлейфы проводов от модуля к управляющему модулю с микроконтроллером (МК).

Для дополнительной фиксации основания 3 к плате 2 применён отрезок двухстороннего скотча 8. Надпись 9 указывает версию модуля и дату изготовления (VER:2.0 DAT:2025). Дисплей имеет разрешение 76×284 пикселя и реализован на чипе ST7789P3. Внешние размеры модуля дисплея — 21×73 мм при диагонали самого дисплея 2,25 дюйма, ссылка на продавца приведена в [3].

Элементы крепления модуля дисплея печатные, они показаны на **рис. 2**. Футляр-основание 1 содержит в центре обрамление для фиксации круглой кнопки диаметром 5 мм с двумя свободно разомкнутыми контактами. Элемент 2 имеет щель для вставки модуля дисплея боковой стороной. Элемент 3 — крышка футляра с мембраной для толкателя

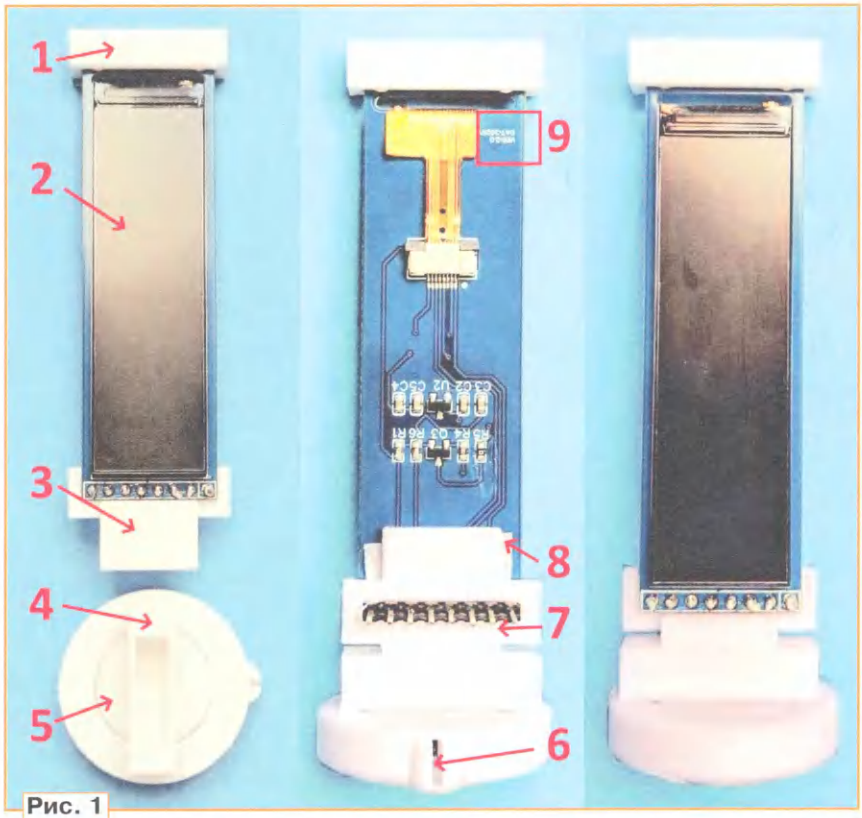


Рис. 1

плея разрешением 76×284 работают некорректно. Один из вариантов программы был найден на сайте продавца аналогичных купленным модулей [4] в разделе "Учебное пособие — ESP32". Однако в ходе экспериментов выяснилось, что авторы не реализовали корректное выполнение функции **setRotation();**, из-за чего изображение выводилось на дисплей в перевёрнутом виде. Решением вопроса было небольшое редактирование в одном из исходных файлов с заменой после команды **writecommand(0x36);** данных с **writedata(0x00);** на **writedata(0xC0);**.

Функциональные возможности собранного устройства проверялись на электронной версии песочных часов (**рис. 4**). Сюжетно они стилизованы под пробирку для сдачи крови. Кратковременное касание пальцем верхней площадки приводит к появлению изображения капли крови в горловине пробирки (имитирует прокол кожи пальца при заборе анализа), которая плавно падает на дно за время выдержки часов. Автор проверял

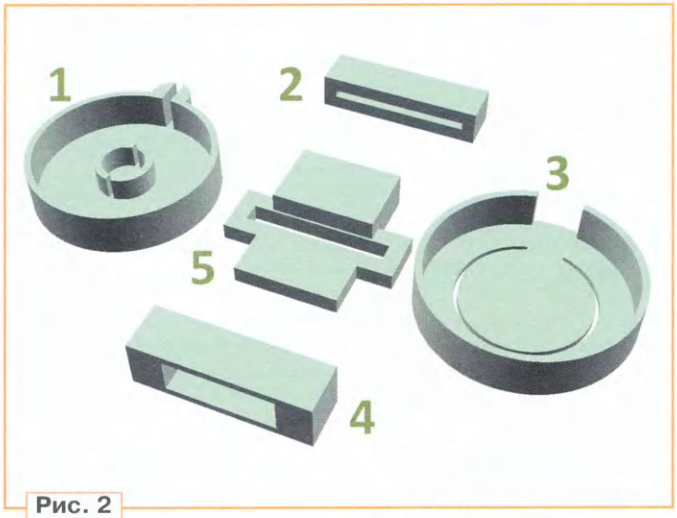


Рис. 2

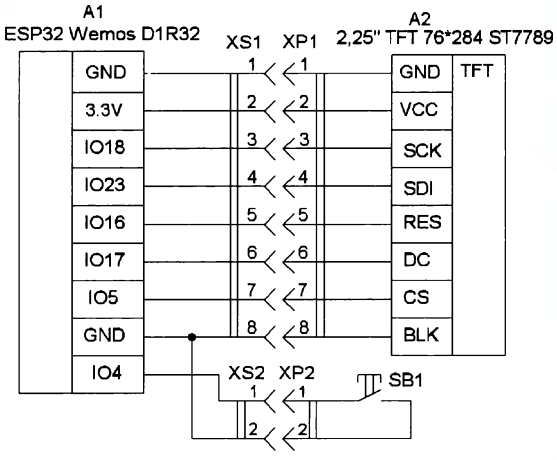


Рис. 3

кнопки. Шахту 4 приклеивают с помощью "секундного" клея к лицевой поверхности крышки. Основание-переходник 5 имеет уступ и щель для размещения разъёма (XS1, XP1). Такая конструкция передаёт механические усилия пальца на мембрану через материал платы, снимая их с разъёма. Основание должно свободно перемещаться в шахте при нажатии пальцем на площадку 2. При печати элементов были использованы следующие настройки принтера: пластик — белый PLA+; высота слоя — 0,2 мм; плотность заполнения — 100 %; поддержка — нет, температура сопла — 195 °С; температура стола — 55 °С; тип прилипания к столу — нет.

Схема устройства показана на **рис. 3**. Напряжение питания поступает на модуль A1 через USB-разъём от блока питания напряжением 5 В. Программное обеспечение для такого формата дисплея найти затруднительно. Широко используемые библиотеки для чипа ST7789 для дис-

и подбирал задержки **delay();** для интервалов в 15 с, 30 с, 1 мин. Повторный цикл отсчёта производится новым кратковременным нажатием. Для создания анимации использованы три картинки (**рис. 5**) с размерами пробирки 76×284, капли крови — 40×40 и капли на дне — 76×76. Настройки используемого конвертера изображений в массив данных для этого модуля показаны на **рис. 6**.

(Окончание см. на 3-й с. обложки)

Ответы на викторину "Платы расширения MikroElektronika"

("Радио", 2026, № 1, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1 **Ответ — 1**. Микросхема 48LM01 фирмы Microchip — это энергонезависимое ОЗУ EERAM (**E**lectrically **E**rasable **RAM**) ёмкостью 1 Мбит [1]. При подаче напряжения питания 3,3 В EERAM служит обычным статическим ОЗУ 128K×8 с неограниченными циклами записи и чтения ячеек памяти через интерфейс SPI.

Конденсатор C2 большой ёмкости вступает в работу при пропадании питания. Накопленной в нём энергии хватает, чтобы за короткое время переписать содержимое всех ячеек ОЗУ во внутреннее ПЗУ EEPROM, которое имеет такую же ёмкость 1 Мбит. После возобновления питания конденсатор C2 вновь заряжается, а сохранённая информация из ПЗУ обратно заносится в ОЗУ.

Ставить вместо конденсатора трёхвольтовую батарею не имеет смысла, поскольку перенос данных из ОЗУ в ПЗУ занимает мало времени, после чего батарея будет постепенно (и бесполезно) разряжаться. Выгода применения EERAM как раз и заключается в снижении стоимости по сравнению с ферроэлектрическими ОЗУ FRAM, не прибегая к внешним батареям или аккумуляторам.

2 **Ответ — 1**. Двухканальный датчик Холла AN3965-WT-7 фирмы Diodes формирует два выходных сигнала о свойствах окружающего магнитного поля — SP (**SP**eed, скорость вращения) и DIR (**DIR**ection, направление вращения).

Выходы у датчика — с открытым стоком. Следовательно, сигналы на нагрузочных резисторах R3, R5 будут иметь форму импульсов или уровней. Если импульсы, то по частоте их следования можно судить о скорости вращения вала. Если уровни, то по ним определяется направление вращения вала — по часовой стрелке CW (лог. 1) или против часовой стрелки CCW (лог. 0).

3 **Ответ — 1**. Микросхема DS28E36BQ фирмы Maxim Integrated является защищённым криптоаутентификатором с памятью EEPROM объёмом 8 кБайт. Она устанавливается, как обязательный элемент, во все платы семейства Click Boards. Программируется микросхема на заводе-изготовителе и хранит версию схемы, тип платы, уникальный серийный номер и область, доступную пользователю [2].

Основное назначение — обеспечить внешнему микроконтроллеру (МК) обнаруживать и идентифицировать платы расширения (ПР). Если МК поддерживает ОС Linux, то через функцию ClickID будут автоматически подгружены программные драйверы при "горячем" подключении платы к разъёму mikroBUS.

Микросхема U1 DS28E36BQ общается с МК через вывод IO однопроводного интерфейса 1-Wire. Но один провод связи — это преувеличение (опыты Николы Тесла не в счёт!). В рассматриваемом случае микросхема физически подключается к системе по трёхпроводной схеме через выводы IO, GND, CEXT.

Важный нюанс. На УГО микросхемы U1 отсутствует вывод VDD. Это значит, что подключение возможно по двухпроводной схеме IO, GND с "паразитным" питанием от конденсатора ёмкостью 0,47 мкФ, который устанавливают между выводами CEXT и GND.

4 **Ответ — 0**. ПР Air Velocity 2 Click обеспечивает точное измерение скорости воздушного потока 0...15 м/с в различных экологических и промышленных приложениях. Её сердцем является цифровой датчик FS3000-1015 фирмы Renesas. В корпусе датчика имеется сквозное отверстие (прямоугольная труба), на нижней плоскости которой размещается термоэлектрический MEMS-элемент. Информация с него оцифровывается в 12-разрядном АЦП и выводится наружу через двухпроводной интерфейс I^2C. Поверхность датчика покрыта карбидом кремния, что обеспечивает высокую устойчивость к вибрации, ударам и загрязнению.

В метеорологии измеряют горизонтальную скорость ветра. Следовательно, если подобный датчик установить на поворотный флюгер, путь прохождения воздуха окажется соосным с направлением ветра. Одного датчика будет достаточно.

5 **Ответ — 0**. Фирма MikroE разработала четыре ПР с вибромоторами (ВБМ). Называются они Vibro Motor Click с добавлением номера версии, который определяет тип применяемого мотора.

Как известно, по принципу действия различают два основных класса ВБМ — с эксцентриком на валу ERM (**E**ccentric **R**otating **M**ass) и с линейным перемещением X-axis, Z-axis [3]. В вопросе викторины представлена фотография платы с малогабаритным "таблеточным" (по-другому, "монеточным") ВБМ. По внешнему виду это может быть как линейный Z-axis, так и ERM с эксцентриком. Но на печатной плате имеется подсказка в виде надписи LRA (**L**inear **R**esonant **A**ctuator), т. е. ВБМ — линейный.

6 **Ответ — 0**. Water Detect 2 Click — это плата с датчиком, который определяет наличие жидкости в прозрачной трубке, вставленной в держатель между светодиодом и фототранзистором. Датчиком служит OPB350L250 фирмы TT Electronics, рассчитанный на стандартную трубку диаметром ¼ дюйма (6,3 мм).

Устройство содержит компаратор напряжения U2 с регулируемым порогом, что позволяет идентифицировать следующие состояния: наличие и отсутствие жидкости в трубке, степень окрашенности жидкости, изъятие трубки и т. д.

Принцип работы. Чем прозрачнее жидкость, тем сильнее освещается фототранзистор и тем меньше сопротивление между его коллектором и эмиттером, и наоборот. Главное — это экспериментально подобрать порог срабатывания компаратора методом "вилки" по наиболее устойчивому результату.

Плата при правильной настройке может определять наличие пузырьков воздуха, проходящих по трубке в жидкости, при этом на выходе OUT появляются хаотичные импульсы (смена состояний "жидкость отсутствует" и "жидкость присутствует").

7 **Ответ — 1**. Контактные площадки JP1, JP2 и сквозные отверстия между ними относятся к функционалу Click Snap, разработанному фирмой MikroE. Это означает, что плата имеет специальную конструкцию, которую можно

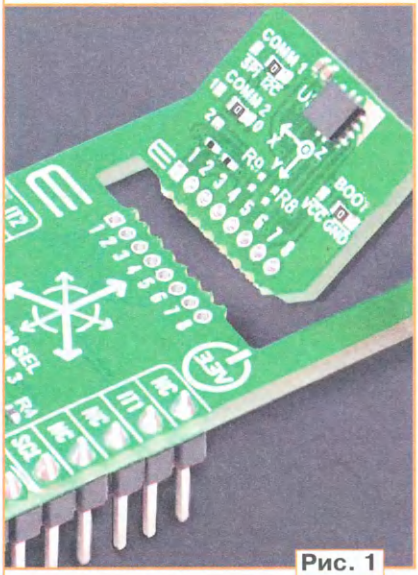


Рис. 1

механически разделить на две части (**рис. 1**). Площадки JP1 остаются в базовой (исходной) плате, площадки JP2 — на отделённом участке, где находится собственно датчик. Отверстия посередине служат трассой физического разлома. Графика в этой части электрической схемы понятна и соответствует логике.

Иное дело — изображение сигналов INT, SCL, SDA, которые вводятся в общую утолщённую шину связи. Диагональные изломы всех сигналов направлены в одну сторону. При большом числе сигналов и разветвлённой схеме затрудняет её чтение. Но так принято рисовать все схемы на фирме MikroE, ничего не поделаешь.

Здесь хорошо бы позаимствовать опыт других систем проектирования, где диагональные изломы служат не для красоты, а несут полезную информацию. Например, в программе Schematic P-CAD фирмы Altium применяются три варианта изломов (**рис. 2**). Если их расположить, как показано на **рис. 3**, то по ним можно однозначно проследить путь сигналов. Например, сигнал INT имеет две точки ввода, которые "смотрят" друг на друга, поэтому больше сигналов INT на шине нет. Сигналы SCL, SDA, что в центре схемы, имеют двойные изломы, значит, надо искать их продолжения как вниз, так и вверх по шине и т. д.

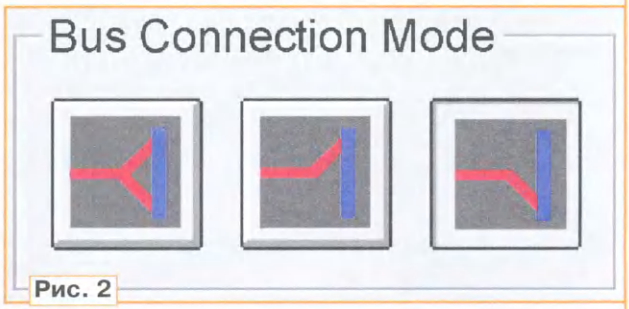


Рис. 2

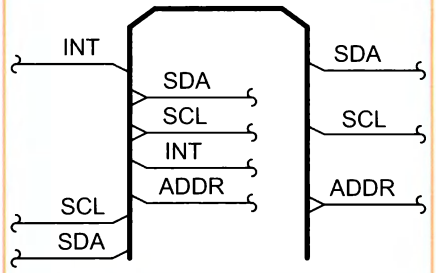


Рис. 3

8 **Ответ — 1**. ПР 16×12 R Click содержит 192 светодиода красного свечения, управляемых от интеллектуального драйвера IS31FL3733 фирмы Lumissil Microsystems.

Плата — оценочная, служит подспорьем разработчикам для отладки ПО, поэтому дизайн внешнего вида здесь отходит на второй план. Диагональное размещение светодиодов нацелено на улучшение ключевого параметра экрана — уменьшение шага пикселей (шага точек). Обозначается он буквой P и числом миллиметров между центрами соседних световых излучателей. Например, в рассматриваемом "диагональном" экране шаг равен P2, а в "вертикальном" — P3.

Шаг напрямую влияет на удобство просмотра. Чем он меньше, тем выше плотность пикселей, тем чётче изображение и меньше расстояние до дисплея, на котором его можно смотреть.

9 **Ответ — 1**. Микросхема INA196 фирмы Texas Instruments является приёмником сигналов интерфейса "токовая петля 4...20 мА". Информация через него передаётся в аналоговом виде, при этом наименьшее значение измеряемого

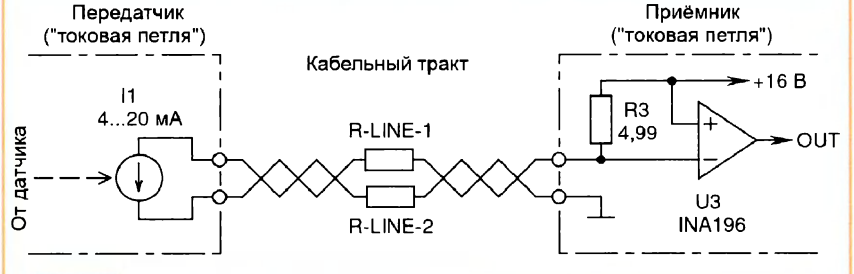


Рис. 4

параметра, как правило, соответствует току в линии 4 мА, а наибольшее — 20 мА.

На плате приёмника 4-20mA R Click располагается стабилизатор напряжения 16 В, от которого запитывается управляемый источник стабильного тока в передатчике на другом конце линии связи (**рис. 4**).

Достоинством интерфейса является некритичность к сопротивлению кабельной линии, поскольку любые её вариации компенсируются источником стабильного тока. Однако интерфейс задумывался не только для измерений, но и для получения телеметрической информации о состоянии тракта. В частности, в **таблице** показаны рекомендации стандарта NAMUR NE-43 [4], откуда видно, что отсутствие тока означает обрыв кабеля, а превышение тока — КЗ в проводах или разъёме.

Ток в линии, мА	Состояние телеметрии ("токовая петля 4...20 мА")	Цвет
>22	Проблемы с трактом (КЗ)	
20,5...22	Неисправность передатчика	
20...20,5	В допуске, но выше нормы	
4...20	Нормальная работа	
3,8...4	В допуске, но ниже нормы	
3,6...3,8	Неисправность передатчика	
0...3,6	Проблемы с трактом (обрыв)	

В связи с этим сопротивление кабеля должно иметь ограничение сверху. Для удобства можно рассмотреть крайний случай — КЗ в разъёме на противоположной стороне тракта, при этом $R_{MAX} = VCC_{MIN}/I_{22} - R3 = 15{,}68/0{,}022 - 4{,}99 = 707$ Ом, где VCC_{MIN} — минимальное напряжение источника 15,68 В, I_{22} — предельный ток стандарта NAMUR NE-43, R3 — измерительное сопротивление в тракте приёмника.

10. **Ответ — 1.** Микросхема STCC4 фирмы Sensirion — это миниатюрный датчик углекислого газа CO_2 нового поколения. Он позволяет контролировать концентрацию CO_2 в воздухе 400...5000 ppm при токе потребления не более 4,2 мА от источника питания с напряжением 2,7...5,5 В и обладает повышенной (по сравнению с аналогичными датчиками) точностью измерений благодаря встроенной компенсации выходного сигнала в зависимости от влажности и температуры воздуха с помощью внешнего датчика серии SHT4x фирмы Sensirion.

В рассматриваемой ПР внешний датчик выполнен на микросхеме U3 SHT40-AD1B. Для её подключения в корпусе микросхемы U2 STCC4 предусмотрены выводы SCL_C, SDA_C от внутреннего интерфейса I^2C.

Но разработчики датчика STCC4 поступили мудро и сделали его универсальным, предусмотрев специальную команду **set_rht_compensation**, согласно которой МК пересылает данные об относительной влажности (RH) и температуре (T) воздуха, измеренные любой другой микросхемой. Подключаться она может к общему интерфейсу I^2C, при этом выводы SCL_C, SDA_C датчика U2 остаются свободными.

11. **Ответ — 0 или 1.** Джойстик J1 в игровом мире называется "тамбстик" (thumbstick) или аналоговый стик. Внутри него размещаются два ортогонально закреплённых переменных резистора, оси которых вращаются общей рукояткой. Подключаются резисторы крайними выводами к линии питания VCC и общему проводу GND, а с движка снимают сигналы CN0, CN1, которые поступают на оцифровку в 12-разрядный АЦП.

Важным параметром джойстика является разрешающая способность по углу отклонения — это минимальный угол, при котором АЦП регистрирует единичное изменение положения. Угол разделяет между собой две "точки отсчёта". Их число в одном угловом градусе (D) является характеристикой, позволяющей сравнивать между собой разнородные джойстики.

Для джойстика, у которого угол отклонения от края до края $Y_{MAX} = 26^\circ \cdot 2 = 52^\circ$ и АЦП имеет 12 разрядов, максимальное число точек отсчёта на градус вычисляется по формуле $D_{MAX} = 2^{12}/Y_{MAX} = 4096/52 = 78$. Это больше, чем 50, и меньше, чем 80, следовательно, оба ответа на вопрос викторины верные.

12. **Ответ — 0.** Плата 2-Wire SPI ISO Click преобразует стандартный четырёхпроводной интерфейс SPI в двухпроводной изолированный интерфейс согласно протоколу isoSPI. Это позволяет увеличить дальность связи по SPI до нескольких метров, что полезно в промышленной электронике.

Основой платы служит трансивер L9963T фирмы STM. Его можно сконфигурировать в роли ведущего или ведомого с тактовой частотой до 10 МГц и поддержкой кадров SPI от 8 до 64 бит.

Гальваническая изоляция интерфейса обеспечивается трансформатором T1, но при его отсутствии допускается ёмкостная изоляция установкой конденсаторов C4, C5 с рекомендуемой ёмкостью 47 нФ и номинальным напряжением 100 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Память EERAM от Microchip. — URL: **https://kit-e.ru/wp-content/uploads/300042.pdf** (10.11.25).

2. ClickID — the self introducing add-on board. — URL: **https://github.com/MikroElektronika/click_id** (10.11.25).

3. Типы вибрации в современных гаджетах. — URL: **https://club.dns-shop.ru/blog/t-78-smartfonyi/45408-tipyi-vibratsii-v-sovremennyih-gadjetah/** (10.11.25).

4. "Токовая петля" — почему 3,8 мА, кто виноват и почему так? — URL: **https://ru.linkedin.com/pulse/токовая-петля-почему-38ma-кто-виноват-и-так-артём-гурушкин** (10.11.25).

Песочные часы-пробирка на ESP32 и TFT 76×284 ST7789

Окончание. Начало см. на с. 60

Сценарий работы устройства следующий. После включения питания выводится фоновое изображение пробирки, после нажатия кнопки выводится изображение шарика. Оно перерисовывается по возрастающей на один пиксель по координате Y, начало координат после редактирования программы находится в левом верхнем углу дисплея (рис. 4) через время задержки

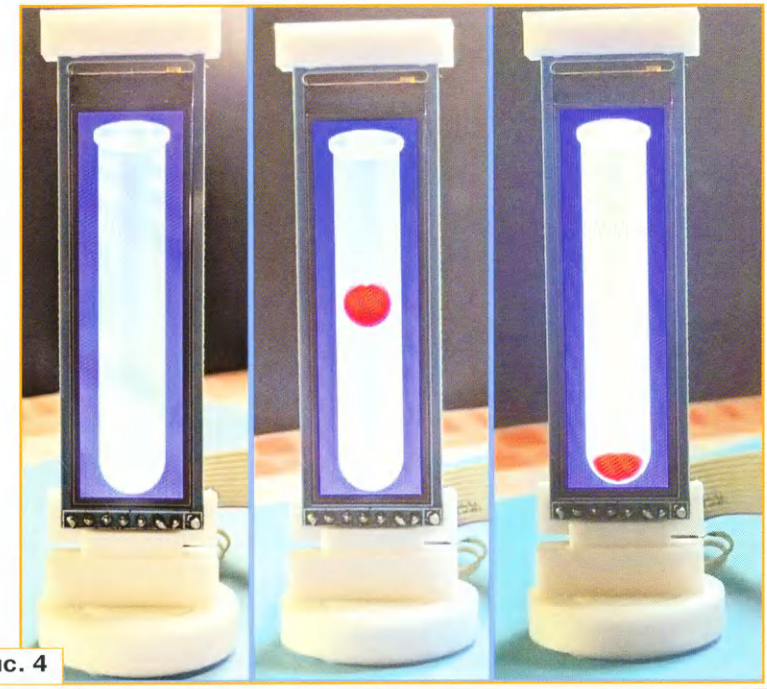


Рис. 4

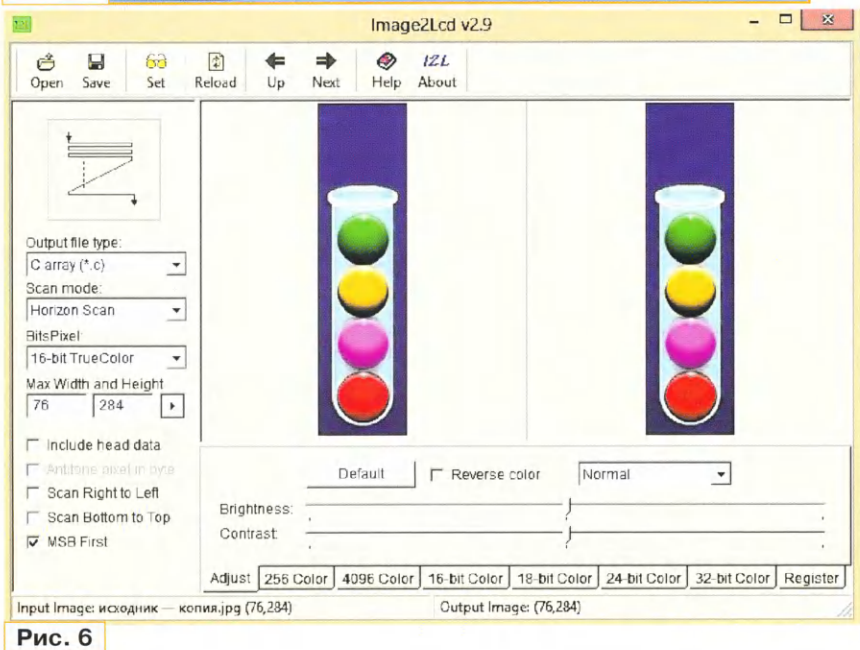


Рис. 6

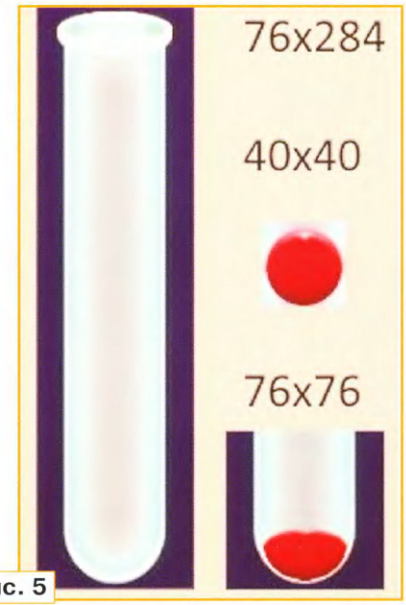


Рис. 5

delay();. Верхняя часть спрайта совпадает с фоновым изображением на глубину нескольких пикселей. Это позволяет двигаться спрайту вниз, не оставляя следов от предыдущих изображений. Для визуального определения конца отсчёта временного интервала предусмотрен вывод изображения дна пробирки с деформированной каплей. Капля как бы резко деформируется на дне в конце отсчёта.

Макет может быть полезен начинающим при отработке навыков вывода и анимации графики на дисплеи в собственных поделках, при разработке концептуальных конструкций любительских изделий на базе МК, при обучении 3D-печати на предмет совместимости деталей в единой функциональной конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** Макет-модуль графической кнопки-дисплея. — Радио, 2024, № 8, с. 60—62.

2. **Мамичев Д.** Игра "Шарики в колбах" на модуле RP2040 и сенсорном дисплее. — Радио, 2025, № 4, с. 59—62.

3. Estardyn 2.25-дюймовый цветной ЖК-модуль ST7789. — URL: **https://clck.ru/3N4wAX** (11.07.25).

4. SPI TFT 2.25 LCD 76x284 Display Module ST7789P3 Breakout Board for Arduino,Raspberry PI. — URL: **https://clck.ru/3N4wCN** (11.07.25).

От редакции. *Файлы проекта находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2026/02/kolba.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Январь

Пн		5	12	19	26
Вт		6	13	20	27
Ср		7	14	21	28
Чт	1	8	15	22	29
Пт	2	9	16	23	30
Сб	3	10	17	24	31
Вс	4	11	18	25	

Февраль

	2	9	16	23
	3	10	17	24
	4	11	18	25
	5	12	19	26
	6	13	20	27
	7	14	21	28
1	8	15	22	

Март

	2	9	16	23	30
	3	10	17	24	31
	4	11	18	25	
	5	12	19	26	
	6	13	20	27	
	7	14	21	28	
1	8	15	22	29	

Апрель

Пн		6	13	20	27
Вт		7	14	21	28
Ср	1	8	15	22	29
Чт	2	9	16	23	30
Пт	3	10	17	24	
Сб	4	11	18	25	
Вс	5	12	19	26	

Май

	4	11	18	25
	5	12	19	26
	6	13	20	27
	7	14	21	28
1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	31

Июнь

1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	
4	11	18	25	
5	12	19	26	
6	13	20	27	
7	14	21	28	

2026

АНО "Редакция журнала "Радио"

www.radio.ru mail@radio.ru

Июль

Пн		6	13	20	27
Вт		7	14	21	28
Ср	1	8	15	22	29
Чт	2	9	16	23	30
Пт	3	10	17	24	31
Сб	4	11	18	25	
Вс	5	12	19	26	

Август

	3	10	17	24	31
	4	11	18	25	
	5	12	19	26	
	6	13	20	27	
	7	14	21	28	
1	8	15	22	29	
2	9	16	23	30	

Сентябрь

	7	14	21	28
1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	
4	11	18	25	
5	12	19	26	
6	13	20	27	

Октябрь

Пн		5	12	19	26
Вт		6	13	20	27
Ср		7	14	21	28
Чт	1	8	15	22	29
Пт	2	9	16	23	30
Сб	3	10	17	24	31
Вс	4	11	18	25	

Ноябрь

	2	9	16	23	30
	3	10	17	24	
	4	11	18	25	
	5	12	19	26	
	6	13	20	27	
	7	14	21	28	
1	8	15	22	29	

Декабрь

	7	14	21	28
1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	31
4	11	18	25	
5	12	19	26	
6	13	20	27	